

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**CONVERGENCIA DE SERVICIOS DE VIDEO, VOZ Y DATOS
SOBRE UNA RED METRO ETHERNET**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

ANIBAL RAMON SUAREZ MONTALVO

**PROMOCIÓN
2001 - II**

LIMA – PERÚ

2008

**CONVERGENCIA DE SERVICIOS DE VIDEO, VOZ Y DATOS SOBRE
UNA RED METRO - ETHERNET**

Dedico este trabajo a:

A mis padres por la educación y el apoyo incondicional durante los momentos difíciles, a ellos les dedico este trabajo por ser los principales motivadores de mi superación.

SUMARIO

Objetivo General

El presente trabajo tiene como objetivo general analizar la disponibilidad y confiabilidad de las redes Metro Ethernet para transportar simultáneamente los servicios de video voz y datos, basados en las pruebas de laboratorio y en la experiencia de implementar una red Metro Ethernet en Telefónica del Perú.

Objetivos Específicos:

- Identificar los requerimientos de ancho de banda y calidad de servicio para brindar los servicios de video voz y datos a los usuarios residenciales y empresariales.
- Analizar las ventajas de implementar una red Metro Ethernet, en comparación con las tecnologías tradicionales tales como Frame Relay y ATM.
- Analizar los tiempos de convergencia de las Redes Metro Ethernet, ante fallas de los enlaces de fibra óptica, basado en las pruebas de laboratorio.

Resumen del Desarrollo

Como marco teórico, se definen los elementos que conforman una red Metro Ethernet, basado en el Metro Ethernet Forum (MEF), seguidamente se muestran los escenarios y las pruebas de laboratorio, en el cual se analizan los tiempos de convergencia de una red Metro Ethernet, también se presenta el diseño e implementación de la Red Metro Ethernet de Telefónica del Perú, en una fase básica.

Finalmente se muestran las conclusiones en base a las pruebas de laboratorio y a la implementación de una Red Metro Ethernet en Telefónica del Perú.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO DEL PROYECTO

1.1 Introducción a las Redes Metro Ethernet	3
1.2 Requerimientos Genrales de las Redes	4
1.2.1 Requerimientos de las Empresas	4
a. Reducción de costos	4
b. Incremento de la Productividad	4
c. Acceso a los recursos de la red	5
d. Mejoramiento del valor del cliente	5
1.2.2 Requerimientos de Ancho de Banda	5
1.2.3 Requerimientos de Calidad de Servicio (QoS)	6
1.2.4 Requerimientos de SLAs para los Servicios	7
a. Video	7
b. Voz	7
c. Internet de alta velocidad	7
d. Integración de los servicios empresariales	7
e. Requerimientos generales	7
1.3 Beneficios de las Redes Metro Ethernet	8
1.3.1 Beneficios para los Proveedores del Servicio	8
a Ventajas de OpEx	9
b Ventajas de CapEx	10
1.3.2 Beneficios para las Empresas	10
1.4 Definiciones de las Redes Metro Ethernet	10
1.4.1 Forum Metro Ethernet (MEF)	10
1.4.2 Redes Metro Ethernet (MEN)	11
1.4.3 Interfaz de Red de Usuario (UNI)	11
1.4.4 Conexión Virtual Ethernet (EVC)	11

1.5 Servicios Metro Ethernet	12
1.5.1 Tipo de Servicio de Linea Ethernet (E-Line)	13
a Punto a Punto	13
b Adición de un nuevo sitio a un E-Line	14
1.5.2 Tipo de Servicio LAN Ethernet	14
a Multipunto a Multipunto	15
b Adición de un nuevo sitio usando E-LAN	15
1.5.3 Atributos de los Servicios Metro Ethernet	16
a. Interface Física Ethernet	16
b. Características del Ancho de Banda	16
c. Retardo de trama	17
d. Jitter de trama	17
e. Pérdida de trama	17
f. Clase de Servicios (CoS)	18
g. Puerto Físico	18
h. CE-VLAN CoS (802.1p)	18
i. DiffServ/IP TOS Values	18
j. Soporte de Etiqueta de Vlan (Vlan Tag)	19
k. Servicio de Multiplexación	19
l. Filtros de Seguridad	20
m. Servicios de Entramado (Framework)	20
1.6 Aplicaciones Metro Ethernet	23
1.6.1 Acceso Dedicado a Internet	23
1.6.2 Extensión de LAN	23
1.6.3 Intranet/Extranet Redes Privadas Virtuales (VPN)	24
1.7 Protocolos de Enrutamiento	24
1.7.1 Protocolos de Enrutamiento: OSPF	24
1.7.2 Protocolos de Enrutamiento: IS-IS	25
1.7.3 Protocolos de Enrutamiento: BGP	25

CAPITULO II**PRUEBAS EN LABORATORIO DE LOS SERVICIOS DE VIDEO (IPTV), VOZ (VoIP) Y DATOS (INTERNET) SOBRE UNA RED METRO ETHERNET**

2.1	Introducción	26
2.2	Escenario de Pruebas General	27
2.3	Pruebas con Protocolo de Enrutamiento IS-IS	28
2.3.1	Escenario de Pruebas IS-IS	28
2.3.2	Descripción de Pruebas IS-IS	28
2.3.3	Resultado de las Pruebas	29
2.4	Pruebas con Protocolo de Enrutamiento BGP	31
2.4.1	Escenario de Pruebas BGP	31
2.4.2	Descripción de Pruebas BGP	31
2.4.3	Resultado de las Pruebas	32
2.5	Pruebas del Servicios de Internet	35
2.5.1	Escenario de las Pruebas de Internet	35
2.5.2	Descripción de las Pruebas de Internet	35
2.5.3	Resultado de las Pruebas	36
2.6	Pruebas del Servicios de Voz sobre IP (VoIP)	38
2.6.1	Escenario de las Pruebas de VoIP	38
2.6.2	Descripción de las Pruebas de VoIP	38
2.6.3	Resultado de las Pruebas	39
2.7	Pruebas del Servicios de Video (IPTV)	42
2.7.1	Escenario de las Pruebas de IPTV	42
2.7.2	Descripción de las Pruebas de IPTV	42
2.7.3	Resultado de las Pruebas	43

CAPITULO III**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA RED METRO ETHERNET-DE TELEFONICA DEL PERU FASE BASICA**

3.1	Arquitectura de la Red Metro Ethernet	47
3.1.1	Acceso	47
a.	Acceso a través de líneas Adsl y Dslam	48
b.	Identificación de la línea Adsl	49

c. Conmutador Terminal	50
d. CPE Confiable	51
e. CPE no confiable	52
3.1.2 Conmutadores de Distribución	52
3.1.3 Concentración	55
a. Conmutadores de Concentración	55
b. Manejo de Trafico	56
3.2 Gestión	57
3.3 Servicios	58
3.3.1 Servicio de Internet	58
3.3.2 Servicio de VoIP y Video	59
3.3.3 Servicios Diferenciados en las Redes Metro Ethernet (MPLS y DiffServ)	59
3.3.4 MPLS Metropolitano	60
a. Ingeniería de Tráfico	60
b. Recuperación ante fallas (Network Resiliency)	60
c. Escalabilidad de Servicios	61
d. Convergencia de Servicios con QoS	61
3.3.5 Servicios Diferenciados	62
3.4 Implementación de la Red Metro de Telefonica (Fase Básica)	63
3.4.1 Mapeo de Líneas Adsl y Vlans	63
3.4.2 Flujo de datos a través de la Red Metro Ethernet	64
3.4.3 Anillos Metro Ethernet (Nivel 2)	65
3.4.4 Red Metro Ethernet en Telefonica del Peru	65
CONCLUSIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	70
ANEXO A. Flujo de Datos de los Servicios 3-Play	70
ANEXO B. Escenario de Pruebas de los Servicios Convergentes	72
ANEXO C. Especificaciones Técnicas de los Equipos	74

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Fig. 1.1	Modelo Básico	12
Fig. 1.2	Punto a Punto	13
Fig. 1.3	Adición de un nuevo sitio a un E-Line	14
Fig. 1.4	Multipunto a Multipunto	15
Fig. 1.5	Adición de un nuevo sitio usando E-LAN	16
Fig. 1.6	Pérdida de tramas	17
Fig. 1.7	Soporte de etiquetado	19
Fig. 1.8	Multiplexación	19
Fig. 1.9	Acceso dedicado a Internet	23
Fig. 1.10	Extensión de LAN, usando E-LAN	23
Fig. 1.11	Intranet/Extranet	24
Fig. 2.1	Escenario general de las pruebas	27
Fig. 2.2	Escenario de Pruebas IS-IS	28
Fig. 2.3	Escenario de pruebas BGP	31
Fig. 2.4	Escenario de Pruebas de Internet	35
Fig. 2.5	Escenario de Pruebas de VoIP	38
Fig. 2.6	Escenario de Pruebas de tráfico de Video	42
Fig. 3.1	Modelo de Red	47
Fig. 3.2	Acceso	48
Fig. 3.3	Acceso ADSL: Mapeo de un puerto del Modem a un PVC	48
Fig. 3.4	Acceso ADSL: Mapeo de los servicios en el Dslam	49
Fig. 3.5	Proceso de identificación de la línea DSL	50
Fig. 3.6	Conmutadores de Distribución y Anillos Metro Ethernet	53
Fig. 3.7	Manejo de tráfico en los Anillos Metro Ethernet	54
Fig. 3.8	Configuración lógica de los anillos Metro Ethernet	55
Fig. 3.9	Conmutadores de Concentración	56
Fig. 3.10	Manejo de tráfico	57
Fig. 3.11	Gestión equipos de la red Metro Ethernet	58
Fig. 3.12	Evolución de la arquitectura de red para el servicio de Internet	58
Fig. 3.13	Conexión lógica de las Vlans para VoIP	59
Fig. 3.14	Proceso de mapeo de VLANs en los DSLAMs Ethernet	64

Fig. 3.15 Flujo de datos en un Conmutador de Distribución	64
Fig. 3.16 Esquema Topológico de la Región MSTP San_Isidro	65
Fig. 3.17 Red Metro Ethernet – Telefonica del Perú	66
Fig. A.1 Flujo de Tráfico de los Servicios de Video Voz y Datos	71
Fig. B.1 Escenario de Pruebas de los Servicios de Video, Voz y Datos	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Atributos de Interfaz de Usuario (UNI)	5
Tabla 1.2 Atributos de Conexión Virtual Ethernet (EVC)	5
Tabla 1.3 Requerimientos de Calidad de Servicio definido por 3GPP	6
Tabla 1.4 Requerimientos de Calidad de Servicio definido por TR058	6
Tabla 1.5 Ventajas de OpEx Ethernet	9
Tabla 1.6 Atributos de Interfaz de Usuario (UNI)	21
Tabla 1.7 Atributos de Conexión Virtual Ethernet	22
Tabla 2.1 Pruebas IS-IS	28
Tabla 2.2 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	29
Tabla 2.3 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	29
Tabla 2.4 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)	30
Tabla 2.5 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)	30
Tabla 2.6 Pruebas BGP	31
Tabla 2.7 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	32
Tabla 2.8 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	32
Tabla 2.9 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)	33
Tabla 2.10 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)	33
Tabla 2.11 Desconexión Lógica de Tarjeta Procesadora del equipo NE40E	34
Tabla 2.12 Desconexión Física de Tarjeta Procesadora del equipo NE40E	34
Tabla 2.13 Pruebas del Servicio de Internet	35
Tabla 2.14 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	36
Tabla 2.15 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	36
Tabla 2.16 Desconexión Física de Tarjeta Procesadora del equipo NE40E	37
Tabla 2.17 Pruebas de Voz sobre IP	38

Tabla 2.18 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	39
Tabla 2.19 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	39
Tabla 2.20 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)	40
Tabla 2.21 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)	41
Tabla 2.22 Pruebas del Servicio de Video	42
Tabla 2.23 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	43
Tabla 2.24 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)	44
Tabla 2.25 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)	44
Tabla 2.26 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)	45
Tabla C.1 Especificaciones Físicas del equipo Huawei NE80E	75

PRÓLOGO

En un inicio, las redes IP (Internet Protocol) fueron creadas sin considerar mecanismos de calidad de servicio (QoS) debido a que la red de Internet no fue planeada para proveer voz o cualquier otro servicio con requerimientos estrictos de ancho de banda, retardo y jitter. La primera solución que emplearon los Proveedores de Servicios (SP's) fue añadir más ancho de banda para reducir los niveles de congestión conforme el volumen de tráfico de Internet aumentaba. Dicha solución, comenzó a representar pérdidas económicas significantes para los Proveedores de Servicios (SP's) debido a que los incrementos de ancho de banda realizados para solventar las necesidades de las aplicaciones, no fueron directamente proporcionales a las ganancias por los servicios prestados en la red, lo cual originó un modelo de negocios desventajoso para las empresas.

Posteriormente, los Proveedores de Servicios de Internet (ISP's) comenzaron a desarrollar de manera conjunta con los grupos de trabajo de la IETF e IEEE, mecanismos y esquemas para controlar de forma diferencial los servicios en las redes de datos. Los motivos fueron muy claros: solucionar la congestión agregando sólo ancho de banda no era suficiente, los cambios en la distribución del tráfico por fallas en los enlaces se convertían de nuevo en congestión (generalmente los “cuellos de botella” suceden en las redes de acceso), los ISP's comenzaron a prestar nuevos servicios de valor agregado para retener a sus clientes y finalmente nuestro punto de análisis: convergencia de voz, video y datos en redes metropolitanas.

Actualmente existen muchos servicios convergentes (Servicios móviles, servicios Empresariales); sin embargo enfocaremos el presente trabajo para analizar los Servicios de Video, Voz y Datos (3-Play) en las Redes Metro Ethernet.

En el capítulo I se formula el marco teórico, en el cual se describen los fundamentos de las redes Metro Ethernet,

En el capítulo II se muestran las pruebas realizadas de los servicios de video, voz y datos sobre una red Metro Ethernet, asimismo se analizan los tiempos de convergencia obtenidos.

En el capítulo III se describe el diseño e implementación de la Red Metro Ethernet de Telefonica del Perú, “Primera Fase”, como medio de transporte para los servicios de acceso a Internet.

Se finaliza el informe con las conclusiones, en base a los resultados de las pruebas de los servicios 3-play en una red Metro y en función del avance de la tecnología.

CAPITULO I

MARCO TEORICO DEL PROYECTO

1.1 Introducción a las Redes Metro Ethernet.

El gran desarrollo de las tecnologías de Internet ha permitido avanzar a ritmo acelerado en la convergencia de redes y servicios. Las redes ATM (Asynchronous Transfer Mode) fueron creadas para resolver la integración de aplicaciones con cierta garantía de tráfico en las redes, no obstante su aceptación, aún se puede considerar como una solución de alto costo y compleja de administrar. Con estos antecedentes y con la aparición de nuevas aplicaciones demandantes de ancho de banda para su óptimo funcionamiento, aparece la necesidad de ofrecer Calidad de Servicio (QoS) y cómo poder ofrecer éstas garantías extremo a extremo (e2e) en las actuales infraestructuras de Internet o Intranets. Con el avance de la tecnología, las empresas están enfrentando una necesidad creciente de entregar servicios avanzados de banda ancha, los cuales impulsan la necesidad para mayor ancho de banda WAN.

Respecto a la calidad de servicios, Las redes tradicionales, comúnmente están en modo best-effort (mejor esfuerzo), lo cual no garantiza la eficiencia en la transmisión de los servicios de video, voz y datos

Con el desarrollo de las telecomunicaciones, los servicios basados en Internet tienen dos nuevas características: El incremento acelerado de los servicios en tiempo real y la diversidad de formatos de los servicios.

Internet deberá optimizar el rendimiento para soportar diferentes tipos de servicios y garantizar la calidad de dichos servicios.

Desde su inserción en los noventas, los servicios Ethernet han llegado a un grado de madurez como red de transporte en esquemas LAN y actualmente en el mundo de las redes Metropolitanas. Con la aprobación del estándar 802.3ae, los Proveedores de Servicios y las empresas de Telecomunicaciones tienen un gran interés en generar servicios de valor

agregado para garantizar a largo plazo, los beneficios económicos que traerán consigo ampliar ó desarrollar nuevos puntos de acceso Ethernet.

Implementar 10 Gigabit Ethernet como red de transporte para los Proveedores de Servicios de Internet (ISP's), resulta más económico que continuar creciendo con las tecnologías actuales: SONET, Frame Relay y ATM, lo cual esta permitiendo llevar hasta el usuario final variaciones de ancho de banda desde 256 Kbps hasta 1 Gigabit Ethernet, contar con una disponibilidad del 99.999% de acceso a la red y servicios incluyendo Redes Privadas Virtuales (VPNs), VLAN's y otros.

Para lograr los beneficios deseados, éstos nuevos servicios requieren una arquitectura de red subyacente que brinde las capacidades de diferenciación de tráfico, manejo y monitoreo para reforzar las demandas de los actuales SLA's (Acuerdos de Nivel de Servicio) implementadas. Si tenemos el ancho de banda de 10 Gbps, sería factible pensar que una infraestructura de red Ethernet con esta capacidad no necesitaría algún esquema de QoS, sin embargo no olvidemos que lo mismo se pensó cuando se instalaron los primeros enlaces de alta velocidad dentro de las redes metropolitanas.

Este Marco teórico esta basado en los parámetros de servicios (Metro Ethernet Services) emitido por el "Forum Metro Ethernet".

1.2 Requerimientos Generales de las Redes

1.2.1 Requerimientos de las Empresas

Los requerimientos de negocios para la mayoría de las empresas incluyen lo siguiente:

a. Reducción de Costos

- Consolidación de Servidores
- Convergencia de Red Voz/Datos/Video
- Nuevos Modelos de Tecnologías de la Información para utilizar Recursos Externos

b. Incremento de la Productividad

- Aplicaciones Multimedia de oficina
- Aplicaciones Distribuidas
- Aplicaciones Basadas en Web

- Integración de Aplicaciones

c. Acceso a los Recursos de Red

- Centros de Datos Distribuidos
- Continuidad del Negocio
- Recuperación de Desastres
- Almacenamiento Remoto
- Redes Seguras

d. Mejoramiento del Valor del Cliente

- Gestión de las relaciones con el cliente
- Servicios de almacenamiento de Datos
- Portales dedicados al Cliente

1.2.2 Requerimientos de Ancho de Banda

A continuación se muestran los requerimientos de ancho de banda para los usuarios residenciales y empresariales

Tabla 1.1 Usuarios Residenciales

Servicios	Ancho de Banda por Subscriptor	BW Total 1K Subscriptores	BW Total 10K Subscriptores
Internet	100Kbps	80M	0.8G
Video (Broadband TV)	4Mbps por canal	0.2G + 0.4G	2G + 4G
Video sobre demanda	4Mbps por canal	0.4G	4G
VoIP	10Kbps	5M	50M
Total		0.6G + 0.8G	6.8G + 4G

Tabla 1.2 Usuarios Empresariales

Servicios	Ancho de Banda por Subscriptor	Conexiones	BW Total
Internet	2Mbps	1000	2G
Redes Privadas	1Mbps	200	200M
Total			2.2G

1.2.3 Requerimientos de Calidad de Servicio (QoS)**Tabla 1.3** Requerimientos de Calidad de Servicio definido por 3GPP

Servicios	Ancho de Banda (Kbps)	Retardo	Perdida de Paquetes
Llamada de voz	4-25	400ms max.	<3%
Mensajes de voz	4-13	2s max.	<3%
Video phone	32-384	400ms max.	<1%
Video media	20-384	10s max.	<2%
Web		0.5s	0

Tabla 1.4 Requerimientos de Calidad de Servicio definido por TR058

Servicios	Ancho de Banda (Kbps-Down)	Retardo	Perdida de Paquetes
BTV/VoD, MPEG2		1s	10exp-5
Internet	128-640K	n/a	10exp-5
Voice/Video Telephony	64-750K	400ms	1%
Live TV	300-750K	1s	1%

La experiencia alrededor del mundo muestran que el numero de canales de TV broadcast varia de 100 a 1000. Para competir con el cable, es necesario tener gran numero de canales de TV.

1.2.4 Requerimientos de SLAs para los Servicios

El SLA (Acuerdo de nivel de Servicio), es un contrato que define un servicio de responsabilidad del host hacia un proveedor de servicios en términos del nivel de calidad de los servicios. A continuación se listan los principales parámetros de los SLAs:

a. Video

- Bajo retardo, jitter y pérdida
- Alto Ancho de Banda por subcriptor
- Eficientes mecanismos de broadcast/ multicasting
- Escalabilidad para Video sobre Demanda
- Protección

b. Voz

- Bajo retardo y jitter
- Baja pérdida de paquetes
- Protección

c. Internet de Alta Velocidad

- Ancho de Banda Garantizado
- Disponibilidad para manejar el exceso de ancho de banda

d. Integración de los Servicios Empresariales

- Ancho de Banda Garantizado
- Baja pérdida de paquetes
- Protección 50ms

e. General

- Costo rendimiento / Eficiente
- Soporte de Señalización
- Servicios de red e interconexión
- Flexibilidad para el soporte de la arquitectura

1.3 Beneficios de las Redes Metro Ethernet

Actualmente, Metro Ethernet es un servicio ofrecido por los proveedores de Telecomunicaciones para interconectar redes locales (LANs) ubicadas a grandes distancias dentro de una misma ciudad; es decir, realizando un transporte WAN.

La Red Metro Ethernet, es una nueva arquitectura tecnológica, la cual beneficiará con soluciones de multiservicio de alta velocidad con calidad y flexibilidad, lo que ayudará sin duda a resolver los problemas de tráfico.

Además, de contar con más opciones de servicios de valor agregado para enfrentar la competencia en sus negocios.

Los beneficios que ofrecen las redes Metro Ethernet son los siguientes:

- **Facilidad de uso:** Interconectando con Ethernet se simplifica las operaciones de red, administración, manejo y actualización
- **Economía:** Los servicios Ethernet reducen el capital de suscripción y operación de tres formas:
- **Amplio uso:** se emplean interfaces Ethernet que son la mas difundidas para las soluciones de los sistemas de redes.
- **Bajo costo:** Los servicios Ethernet ofrecen un bajo costo en la administración, operación y funcionamiento de la red.
- **Ancho de banda:** Los servicios Ethernet permiten a los usuarios acceder a conexiones de banda ancha a menor costo.
- **Flexibilidad:** Las redes de conectividad mediante Ethernet permiten modificar y manipular de una manera más dinámica, versátil y eficiente, los anchos de banda y cantidad de usuarios en corto tiempo.

1.3.1 Beneficios para los Proveedores del Servicio

Los beneficios de las redes Metro Ethernet para los proveedores de servicios, son los siguientes:

- Simplicidad
- Alta velocidad y

- Costo-efectivo

Para los proveedores de servicios, esto se traduce en ambas ventajas: de Opex (Costos Operativos) y Capex (Costos de Capital).

a. Ventajas de OpEx

En comparación con otras tecnologías de transporte tales como: ATM, Frame Relay y SONET/SDH, Ethernet ofrece una marcada ventaja de Opex para los proveedores de servicios:

La simplicidad y madurez del Ethernet incrementa la confiabilidad y la disponibilidad de los servicios.

La simplicidad del Ethernet, facilita el funcionamiento de la red

La Facilidad de interconectar entre las redes de area local Lan y WAN, habilita la provisión mas rápida de los servicios.

La facilidad de uso de los equipos y la familiaridad de las personas con la tecnología Ethernet, incrementa la disponibilidad para los trabajadores y reduce el costo de entrenamiento para las empresas.

Las altas velocidades del Ethernet habilita el ancho de banda sobre demanda, Ejm: desde 1Mbps hasta 1Gbps sin alguna actualización de los equipos.

El Forum Metro Ethernet (MEF), trabajo con 36 proveedores de sevicios para identificar el ahorro actual de OpEx para los servicios Metro Ethernet, comparado a las tecnologías tradicionales, tales como Frame Relay y ATM, para un área metropolitana típico, con una población de 1 a 2 millones de personas y 50000 a 80000 negocios , sobre un periodo de 3 años para servicios Ethernet de redes de área local (E-Lan) y Líneas Ethernet (E-Line). A continuación se muestran los resultados del ahorro de OpEx:

Tabla 1.5 Ventajas de OpEx Ethernet

Año 1, ahorro OpEx	Año 2, ahorro OpEx	Año 3, ahorro OpEx
18%	20%	24%

b. Ventajas de CapEx

La economía de escala y la simplicidad del Ethernet hacen que los equipamientos Ethernet presenten ventajas de costo efectivo en comparación con otros equipamientos de funcionalidades similares. Asimismo la alta velocidad del Ethernet generan para los proveedores de servicios mayores ganancias e incremento de la duración de los equipos. Esto se traduce en una significativa ventaja de CapEx para los proveedores de servicios.

1.3.2 Beneficios para las Empresas

Los beneficios de las redes Metro Ethernet para las empresas, son las siguientes:

- Velocidad de acceso mas alta, a una tarifa comparable, esto es posible con el ancho de banda bajo demanda.
- Costos mas bajos para el acceso de los clientes a las MAN/WAN.
- Simplicidad de conectividad multipunto
- Facilidad de interconectar múltiples lugares dentro de una red de área local (Lan) privada Virtual
- Costo de entrenamiento reducido.

1.4 Definiciones de las Redes Metro Ethernet

1.4.1 Forum Metro Ethernet (MEF)

El MEF, es una organización sin fines de lucro establecido para acelerar la adopción en el mundo, de las redes Ethernet y los servicios con una alta confiabilidad.

El MEF tiene 62 miembros a lo largo del mundo

Los objetivos del Forum Metro Ethernet son los siguientes:

- Construir el consenso y la unidad de los proveedores de servicios, así como la definición de los servicios Ethernet, las especificaciones técnicas e interoperatividad de los proveedores de equipamientos y de los usuarios finales.
- Facilitar la implementación de estándares nuevos y existentes, así como la definición de los procedimientos de pruebas y las especificaciones para permitir la distribución de los servicios Ethernet y hacer altamente disponibles las redes metropolitanas basadas en Ethernet.

Dar a conocer los beneficios de los servicios Ethernet y de las redes de transporte basados en Ethernet .

1.4.2 Redes Metro Ethernet (MEN)

Una Red Metro Ethernet es generalmente definido como la red que tiende puentes o conecta redes locales (LANs) de empresas geográficamente separadas. Así también proveen conectividad a través de las redes WAN que son geográficamente propietarios por los proveedores de servicios. Las redes Metro Ethernet proveen conectividad de servicios

La Red Metro Ethernet, es una arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de conectividad MAN/WAN de nivel 2, a través de UNIs (Interfaz de Red de usuario) Ethernet Estas redes se basan en sistemas multiservicio, es decir que soportan una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos donde se incluye flujo de datos en tiempo real, como por ejemplo: audio y video.

1.4.3 Interfaz de Red de Usuario (UNI)

El MEF define el UNI como una interfaz Ethernet estándar que esta en el punto de demarcación entre el equipamiento de los usuarios y el proveedor de la red Metro Ethernet.

1.4.4 Conexión Virtual Ethernet (EVC)

La conexión virtual Ethernet (EVC) es una asociación de dos o más Interfaces de Red de Usuario (UNIs), donde el UNI es la interfaz estándar Ethernet y el punto de demarcación entre el equipo del cliente y el proveedor de servicios de la Red Metro Ethernet (MEN).

La conexión virtual Ethernet (EVC), tiene dos funciones:

- Conectar dos o más sitios (UNIs) habilitando la transferencia de tramas Ethernet entre ellos.
- Impedir la transferencia de datos entre usuarios que no son parte del mismo EVC (Conexión Virtual Ethernet), permitiendo privacidad y seguridad.

Un EVC (Conexión Virtual Ethernet) puede ser usado para construir una Red Privada Virtual (VPN) de nivel 2. El MEF (Forum Metro Ethernet) ha definido dos tipos de EVCs:

Punto a Punto (E-Line)

Multipunto a Multipunto (E-LAN)

1.5 Servicios Metro Ethernet

El modelo básico de los servicios Metro Ethernet, está compuesto por una red conmutada (Metro Ethernet Network -MEN-), ofrecida por el proveedor de servicios; los usuarios acceden a la red mediante CEs (Equipamientos del Cliente) que se conectan a través de UNIs (Interfaces de Red de Usuario) a velocidades de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps.

Los organismos de estandarización (IEEE, IETF, ITU) y los acuerdos entre fabricantes, están jugando un papel determinante en su evolución. Incluso se ha creado el MEF (Forum Metro Ethernet), organismo dedicado únicamente a definir el Ethernet como servicio metropolitano.

Es posible tener múltiples UNIs (Interfaces de Red de Usuario) conectadas al MEN (Red Metro Ethernet) de una simple localización. Los servicios pueden soportar una variedad de tecnologías y protocolos de transporte en el MEN (Red Metro Ethernet), tales como SONET, DWDM, MPLS y otros.

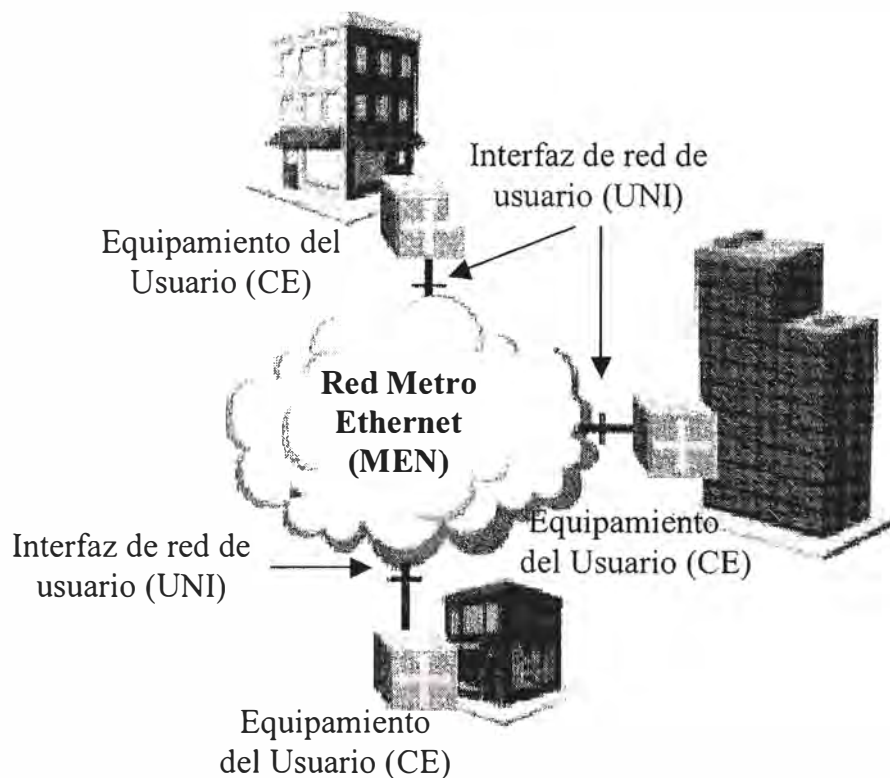


Fig. 1.1 Modelo Básico

1.5.1 Tipo de Servicio de Línea Ethernet (E-Line)

El servicio E-Line proporciona un EVC punto a punto entre dos interfaces UNI (Interfaz de Red de Usuario). Se utiliza para proporcionar una conexión Ethernet punto a punto.

Dentro del tipo de servicio E-Line se incluye una amplia gama de servicios. El más sencillo consistente en un ancho de banda simétrico para transmisión de datos en ambas direcciones y no fiable, entre dos interfaces UNI a 10 Mbps. Un servicio más sofisticado considerado dentro del tipo de servicio E-Line sería, por ejemplo, una línea E-Line, que ofrezca una CIR concreta junto con una CBS, y una EIR junto con una EBS, y un retardo, variación del retardo y ver máximos asegurados entre dos interfaces UNI.

a. Punto a Punto

Provee un EVC punto a punto entre dos UNIs

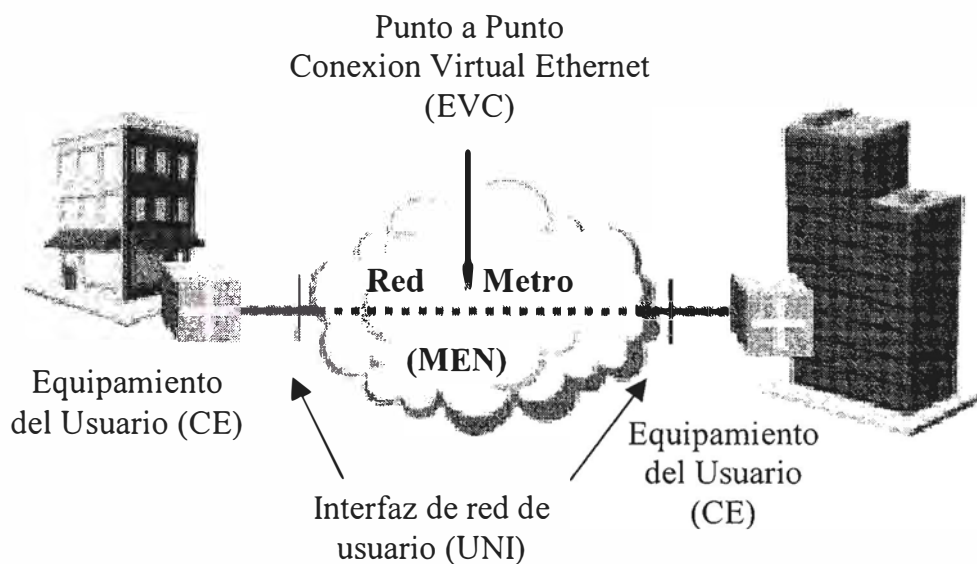


Fig. 1.2 Punto a Punto

Un Servicio E-Line, provee un ancho de banda simétrico para el envío de datos en ambas direcciones, sin asegurar desempeño. Un servicio E-Line, provee un CIR (Committed Information Rate), un CBS (Committed Burst Size), un EIR (Excess Information Rate) y un EBS (Excess Burst Size) dependiendo del proveedor de servicio. Estas características del servicio están relacionadas con los retardos (delay), jitter y la seguridad entre las diferentes velocidades de las UNIs.

b. Adición de un nuevo sitio a un E-Line

Con un E-Line, cuando un nuevo UNI es agregado, es necesario adicionar un nuevo EVC para conectar este nuevo usuario a uno de los UNIs existentes. En la figura, un nuevo punto de red es adicionado y por consiguiente un nuevo EVC es creado para conectar todos los puntos de la red.

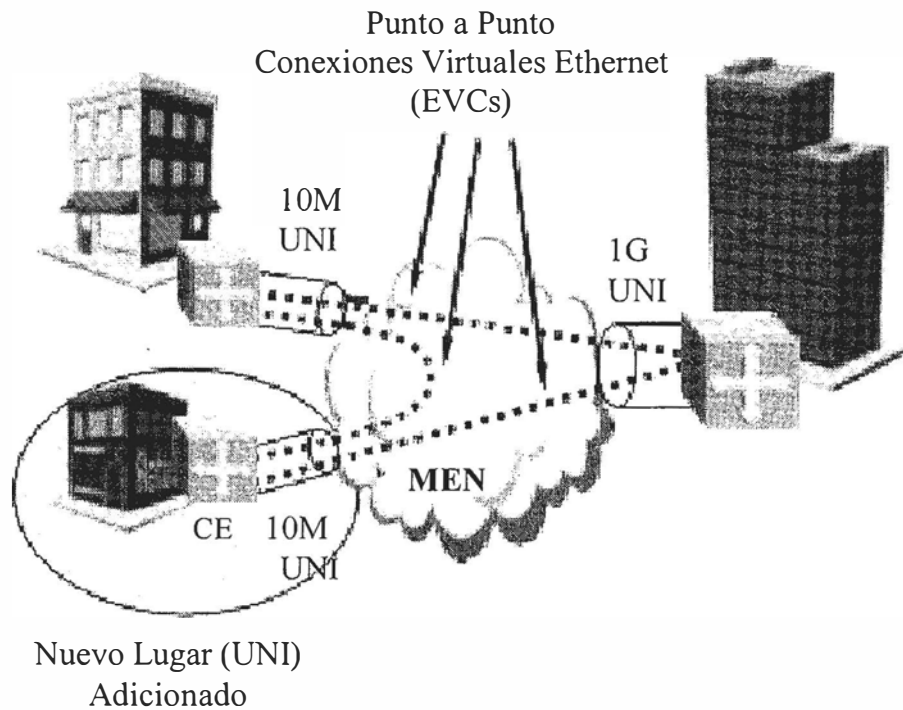


Fig. 1.3 Adición de un nuevo sitio a un E-Line

1.5.2 Tipo de Servicio LAN Ethernet (E-LAN)

El servicio E-LAN provee conectividad multipunto, conectando dos o más UNIs. Un usuario envía datos de una UNI y puede recibir uno o más de otros UNIs. Cada sitio (UNI) es conectada a un EVC multipunto, al agregar usuarios, que son conectados a un mismo EVC multipunto, simplificando el provisionamiento y la activación del servicio.

a. Multipunto a Multipunto

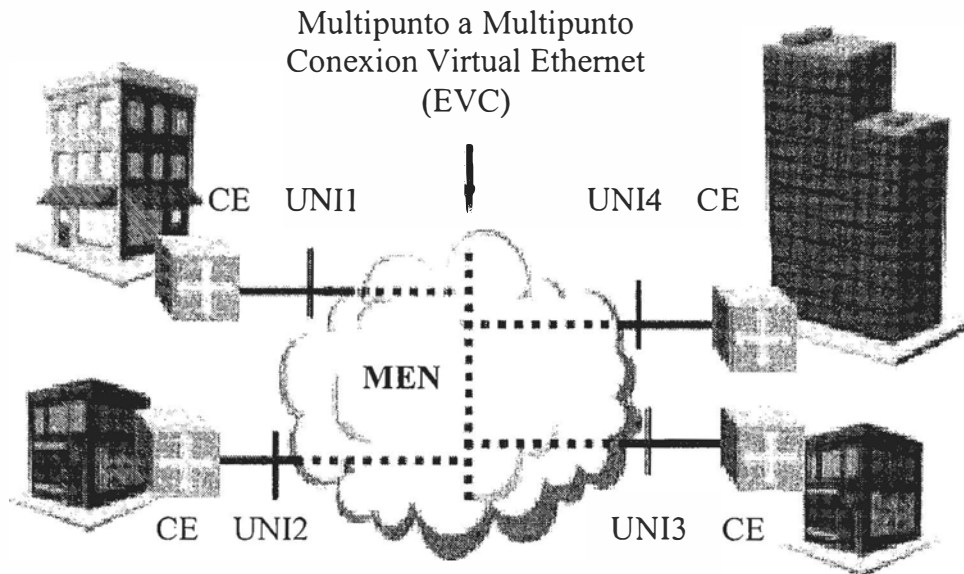


Fig. 1.4 Multipunto a Multipunto

Una E-LAN puede ser usada para crear un amplio rango de servicios, mostrando un mejor desempeño para los servicios ofrecidos. La E-LAN se usa para interconectar varios usuarios, mientras E-LINE normalmente es usada para conectarse a Internet.

Una E-LAN define el CIR, CBS, EIR y EBS. La velocidad de cada puerto UNI puede ser diferente, por ejemplo, en la figura, los UNI 1, 2 y 3 tienen 100Mbps con un CIR de 10Mbps, el UNI 4 posee 1Gbps con 40Mbps de CIR.

b. Adición de un nuevo sitio usando E-LAN

Un E-LAN puede ser usado para conectar solo dos UNIs, aunque parece similar a E-Line, hay algunas diferencias.

Con un nuevo punto de red (UNI), solo es necesario agregarlo al EVC multipunto existente, no se necesitan EVC adicionales. Un E-LAN permite al nuevo sitio comunicarse con todos los otros UNI. Los servicios E-LAN pueden ser creados a partir de la conformación de VPNs en la red conmutada.

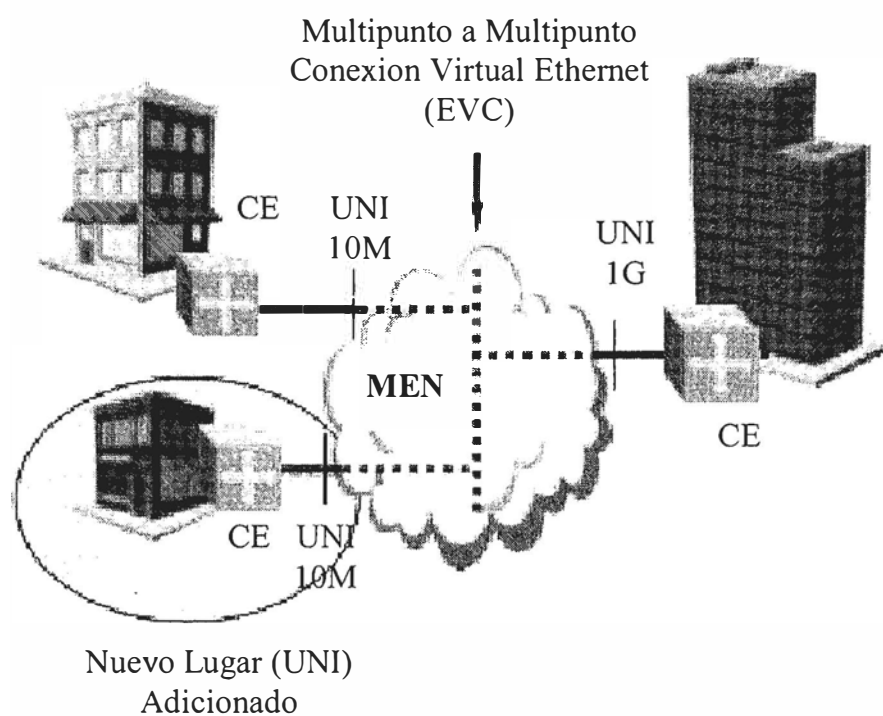


Fig. 1.5 Adición de un nuevo sitio usando E-LAN

1.5.3 Atributos de los Servicios Metro Ethernet

Los atributos se definen como las capacidades de los diferentes tipos de servicio. Algunos atributos se aplican a los puntos de acceso (UNI), mientras que otros a los canales virtuales (EVC).

a. Interface Física Ethernet

Para los puntos de acceso (UNI) aplican los siguientes atributos:

- Medio físico: son los especificados en el estándar 802.3. Ejemplos de medios físicos incluye 10BaseT, 100BaseT, 1000BaseSX.
- Velocidad: las velocidades son las especificadas en el estándar Ethernet: 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.
- Modo: un enlace puede soportar full o half duplex o auto negociación.
- Capa MAC: las especificadas en la norma IEEE 802.3 – 2000.

b. Características del Ancho de Banda

Para Metro Ethernet se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- CIR (Committed Information Rate): es la cantidad promedio de información que se ha transmitido, teniendo en cuenta los retardos, pérdidas y otros.
- CBS (Committed Burst Size): es el tamaño de la información utilizado para obtener el CIR respectivo.
- EIR (Excess Information Rate): especifica la cantidad de información mayor o igual que el CIR, hasta el cual las tramas son transmitidas sin pérdidas.
- EBS (Excess Burst Size): es el tamaño de información que se necesita para obtener el EIR determinado.

c. Retardo de trama: son los retardos presentados en la transmisión, es un parámetro crítico y tiene un impacto significativo en la Calidad del Servicio (QoS) para las aplicaciones en tiempo real.

d. Jitter de trama: es la variación de los retardos (delay), es un parámetro crítico en las aplicaciones de tiempo real, como la telefonía IP y la transmisión de video.

e. Pérdida de trama: es el porcentaje de tramas que no son transmitidas correctamente en un intervalo de tiempo.

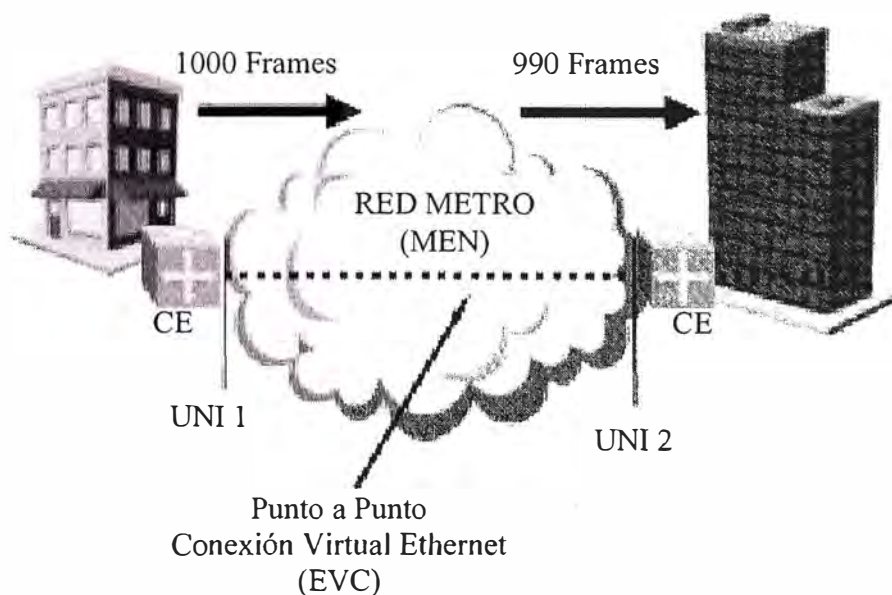


Fig. 1.6 Pérdida de tramas

f. Clase de Servicios (CoS)

Metro Ethernet ofrece diferentes clases de servicio al usuario, tales como:

- Puerto físico
- CE-VLAN CoS (802.1p)
- DiffServ/IP TOS

Los proveedores de servicio se esfuerzan por ofrecer diferentes parámetros de tráfico, ejemplo, un CIR para cada clase de servicio. Cada clase de servicio puede ofrecer diferentes niveles de desempeño, como retardos, jitter y tramas pérdidas. Si un proveedor de servicio soporta múltiples clases de servicio entre UNIs, el tráfico y los parámetros de desempeño deben ser los especificados para cada clase. A continuación se muestran las características de las clases de servicio.

g. Puerto Físico: En este caso, una simple clase de servicio es provista por un puerto físico. Todo el tráfico que ingresa o sale del puerto recibe la misma clase de servicio. Si el suscriptor requiere múltiples clases de servicio para sus tráficos, se separan tantos puertos físicos como sean requeridos, cada uno con su clase de servicio.

h. CE-VLAN CoS (802.1p): El MEF (Forum Metro Ethernet) ha definido CE-VLAN CoS como la clase de servicio que utiliza 802.1Q para etiquetar las tramas, cuando se utiliza, hasta 8 clases de servicio pueden ser indicadas. El proveedor de servicio especifica el ancho de banda y los parámetros de desempeño.

i. Valores de DiffServ/IP TOS: Pueden ser usados para determinar la clase de servicio IP TOS, en general, es usada para proveer 8 clases de servicio conocidas como prioridad IP. Prioridad IP es muy similar a la definición en 802.1p en IEEE 802.1Q cuando CoS es basada en prioridad de envío. DiffServ es definido como PHS (Per-hop behaviors), con una calidad e servicio mas robusta cuando se compara con IP TOS y 802.1p. DiffServ provee 64 diferentes valores para determinar las clases de servicio. Casi todos los routers y switches soportan estas clases de servicio.

j. Soporte de Etiqueta de Vlan (Vlan Tag)

Las VLANs soportan una variedad de servicios Ethernet. Un UNI puede soportar etiquetado (tagged), no etiquetado (Untagged) o ambos etiquetado (Tagged) y no etiquetado (Untagged).

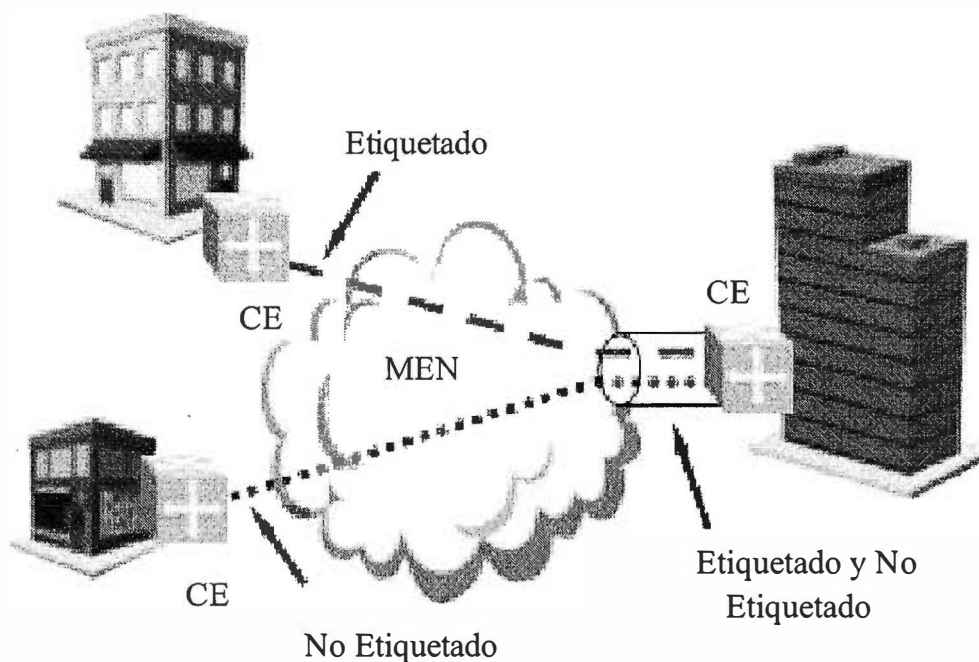


Fig. 1.7 Soporte de etiquetado

k. Servicio de Multiplexación

Este servicio es usado para soportar varios canales virtuales (EVC) de diferentes velocidades simultáneamente en un solo enlace de conexión (UNI). Usando multiplexación se elimina la necesidad de tener diferentes interfaces físicas para tener enlaces a diferentes velocidades.

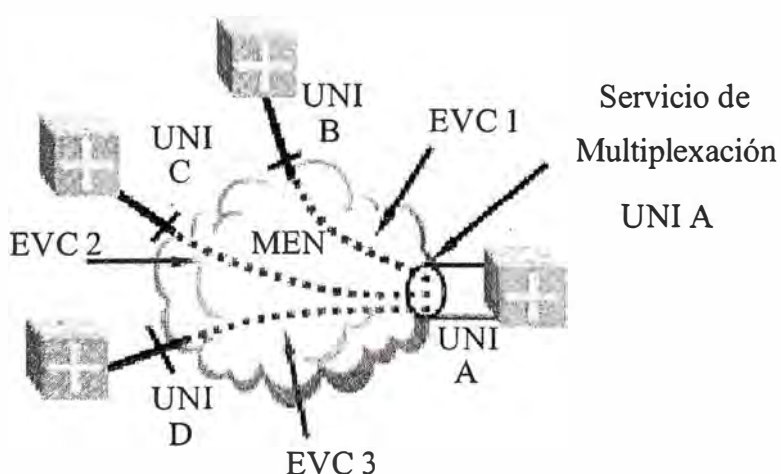


Fig. 1.8 Multiplexación

El servicio permite a un UNI soportar múltiples EVCs, comparado con la alternativa de separar las interfaces físicas para cada EVC, se presentan varios beneficios:

- Costo bajo de los equipos, ya que se minimiza el número de routers y switches y maximiza la densidad de utilización puerto/slot.
- Minimiza espacio, potencia y cableado.
- Simplifica la activación de nuevos servicios.

l. Filtros de Seguridad

Algunos servicios ofrecen a los suscriptores especificar filtrado adicional de tramas Ethernet, para adicionar seguridad o administrar el tráfico. El servicio puede permitir al suscriptor especificar una lista de direcciones MAC a las cuales se les puede garantizar el acceso.

m. Servicios de Entramado (Framework)

Un amplio rango de servicios Ethernet puede ser construido usando Ethernet Services Framework, las tablas a continuación proveen un resumen de los atributos y sus parámetros.

Tabla 1.6 Atributos de Interfaz de Usuario (UNI)

Atributos de Interfaz de Usuario (UNI)	Valores de los Parámetros
Medio físico	IEEE 802.3-2002 Interface física
Velocidad	10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps
Modo	Full duplex o auto negociación
Capa Mac	IEEE 802.3-2002
Servicio de Multiplexación	Si o No
CE-VLAN ID/EVC Map	Mapping table of CE-VLAN Ids to EVC
Bundling	Si o No
All to One Bundling	Si o No
Ingress Bandwidth profile per Ingress UNI	No o <CIR, CBS, EIR, EBS>
Ingress Bandwidth profile per Ingress EVC	No o <CIR, CBS, EIR, EBS>
Ingress Bandwidth profile per Ingress CoS Identifier	No o <CIR, CBS, EIR, EBS>
Capa de Control 2	peer, Discard or Pass to EVC IEEE 802.3x MAC Control Frames
	peer, Discard or Pass to EVC Link Aggregation Control Protocol (LACP)
	peer, Discard or Pass to EVC IEEE 802.1x Port Authentication
	peer, Discard or Pass to EVC Spanning Tree Protocol (STP)
	peer, Discard or Pass to EVC a protocol multicasted to all bridges in a bridged LAN

Tabla 1.7 Atributos de Conexión Virtual Ethernet (EVC)

Atributos de Conexión Virtual Ethernet (EVC)	Valores
Tipo EVC	Punto a Punto o Multipunto a multipunto
Lista UNI	Provee la lista de UNIs asociados con un EVC
CE-VLAN ID Preservation	Si o No
CE-VLAN CoS Preservation	Si o No
Unicast Frame Delivery	Entrega condicionada o no condicionada
Multicast Frame Delivery	Entrega condicionada o no condicionada
Broadcast Frame Delivery	Entrega condicionada o no condicionada
Control Capa 2	Discard or Tunnel IEEE 802.3x MAC Control Frames
	Discard or Tunnel Link Aggregation Control Protocol (LACP)
	Discard or Tunnel Spanning Tree Protocol (STP)
	Discard or Tunnel a protocol multicasted to all bridges in a bridged LAN
Desempeño del servicio	<CoS identifier, delay de trama, jitter, pérdidas

1.6 Aplicaciones Metro Ethernet

1.6.1 Acceso Dedicado a Internet

Un usuario busca continuamente altas velocidades en su conexión a Internet para el soporte de sus aplicaciones. Un EVC (Conexión Virtual Ethernet) puede proveer el camino ideal para conectar al usuario con el proveedor de servicio de Internet (ISP). El servicio comúnmente utilizado para proveer este servicio es E-Line (Linea Ethernet).

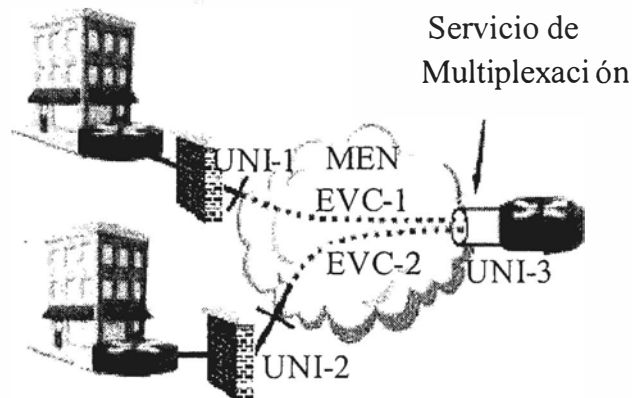


Fig. 1.9 Acceso dedicado a Internet

1.6.2 Extensión de LAN

Los clientes con múltiples redes de área local (LAN) en el área metropolitana pueden interconectarse entre sí a altas velocidades como si fuese la misma LAN. La conexión de dos sitios se puede lograr con E-Line (Linea Ethernet) o E-LAN (LAN Ethernet); pero al tener más de dos sitios se utiliza el servicio E-LAN, creando las VLANs necesarias.

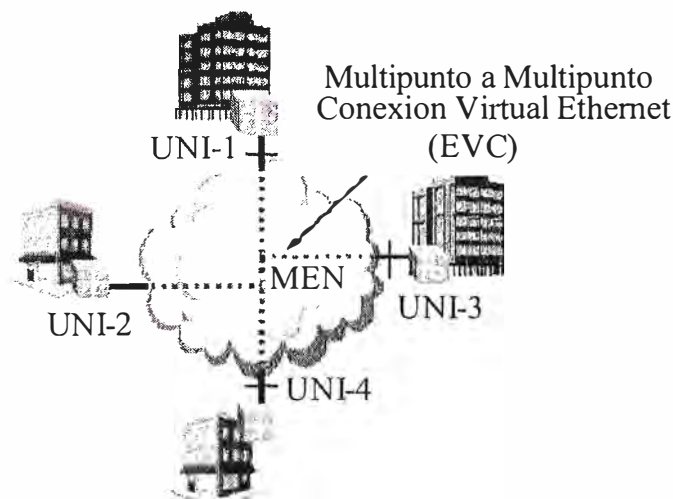


Fig. 1.10 Extensión de LAN, usando E-LAN

1.6.3 Intranet/Extranet Redes Privadas Virtuales (VPN)

Metro Ethernet también puede ser una buena alternativa para conectar la Intranet con sitios remotos o conexiones Extranet, por ejemplo: para enlazar clientes con las oficinas de trabajo.

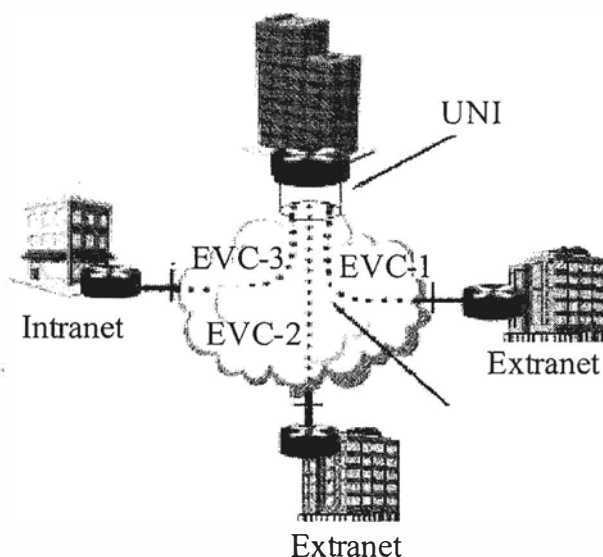


Fig. 1.11 Intranet/Extranet

1.7 Protocolos de Enrutamiento

El enrutamiento dinámico en Tcp/IP puede ser implementado usando uno o mas protocolos. Estos protocolos son agrupados de acuerdo a donde serán usados.

Los protocolos de enrutamiento diseñado para trabajar dentro de un sistema autónomo son categorizados como IGPs (interior gateway protocols), tales como OSPF e IS-IS , y los protocolos que trabajan entre sistemas autónomos son clasificados como EGPs (exterior gateway protocols), ejm.: BGP.

1.7.1 Protocolo de Enrutamiento OSPF

Es un protocolo de enrutamiento basado en estándares abiertos. descritos en las RFCs (RFC 2328). Una red OSPF escala aproximadamente hasta 1000 routers.

OSPF usa la tecnología "link-state", mediante lo cual mantiene una imagen común de la red e intercambia información de los enlaces para un descubrimiento inicial de routers o algún cambio de red.

1.7.2 Protocolo de Enrutamiento IS-IS

En años recientes, el protocolo de enrutamiento IS-IS, ha llegado a ser popular con amplio uso por los proveedores de servicios.

IS-IS habilita una convergencia de la red muy rápida y altamente escalable. También es un protocolo muy flexible y ha sido extendido para incorporar características de última tecnología tales como ingeniería de tráfico con MPLS.

1.7.3 Protocolo de Enrutamiento BGP

BGP es un protocolo EGP (exterior gateway protocol) y es considerado el estándar en Internet, ya que es usado para intercambiar información de enrutamiento entre los proveedores de servicio de Internet y en algunos casos entre un sistema autónomo y el proveedor de servicios.

Se conoce como Sistema Autónomo a un grupo de routers que comparten políticas de enrutamiento similares y operan dentro de un dominio administrativo simple.

CAPITULO II

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DELAS PRUEBAS EN LABORATORIO

2.1 Introducción.

A continuación se muestran los resultados de las pruebas en Laboratorio referidos al desempeño de los equipos que componen una Red Metro Ethernet para los siguientes servicios: Internet ADSL, Video y Voz.

Entre las pruebas realizadas tenemos lo siguiente:

- Pruebas funcionales y de rendimiento del equipamiento como parte de la red, donde se evalúa el funcionamiento de los protocolos y mecanismos de redundancia. Se simularon diversas situaciones con equipos de Tecnología Huawei, como son: caídas de enlaces en los anillos Metro, fallas de tarjeta procesadoras y otros. En todas las pruebas se ha monitoreado el comportamiento de los equipamientos, verificando si hubo impacto en el consumo de los recursos.
- Pruebas de Interoperatividad, en las cuales se ha verificado el comportamiento de los equipamientos en un entorno multi-vendor, donde se ha verificado la conformidad de los protocolos entre las implementaciones de distintos proveedores, como son: Tecnología Cisco y Tecnología Huawei, basándonos en los parámetros estándares definidos por la ITU o IETF.

2.2 Escenario de Pruebas General.

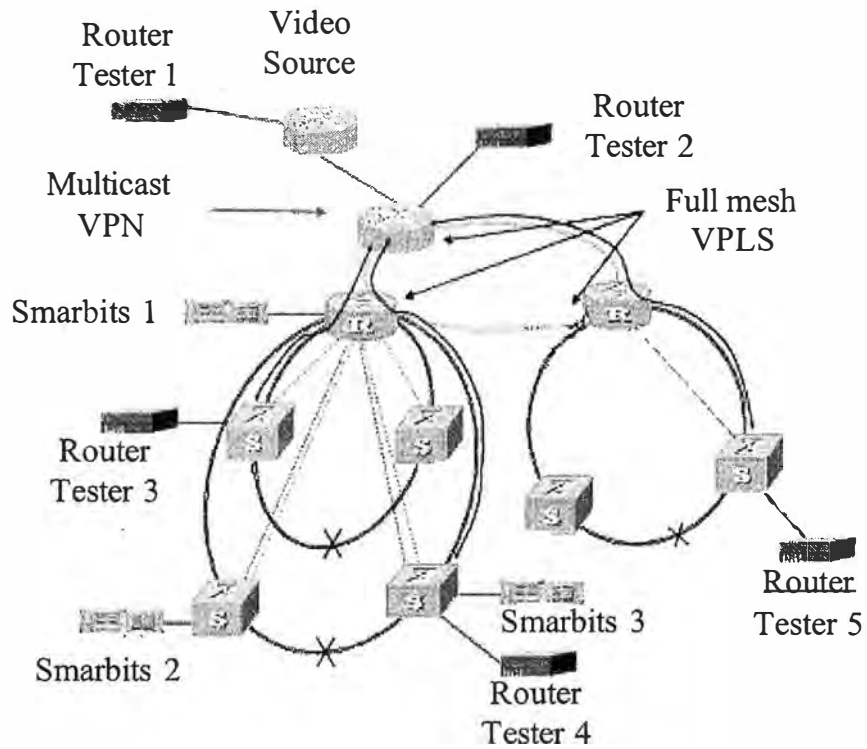


Fig. 2.1 Escenario general de las pruebas

Video Source	Fuente de Video
Router Tester	Probador de Rutas: Generación de rutas de protocolo BGP, IS-IS y OSPF
SmartBits	Equipo de Prueba para generación de tráfico
NE40E, NE80E	Equipos a ser probados, de Tecnología Huawei
Voice VRF	Router Virtual para voz

2.3 Pruebas con Protocolo de Enrutamiento IS-IS

2.3.1 Escenario de Pruebas IS-IS

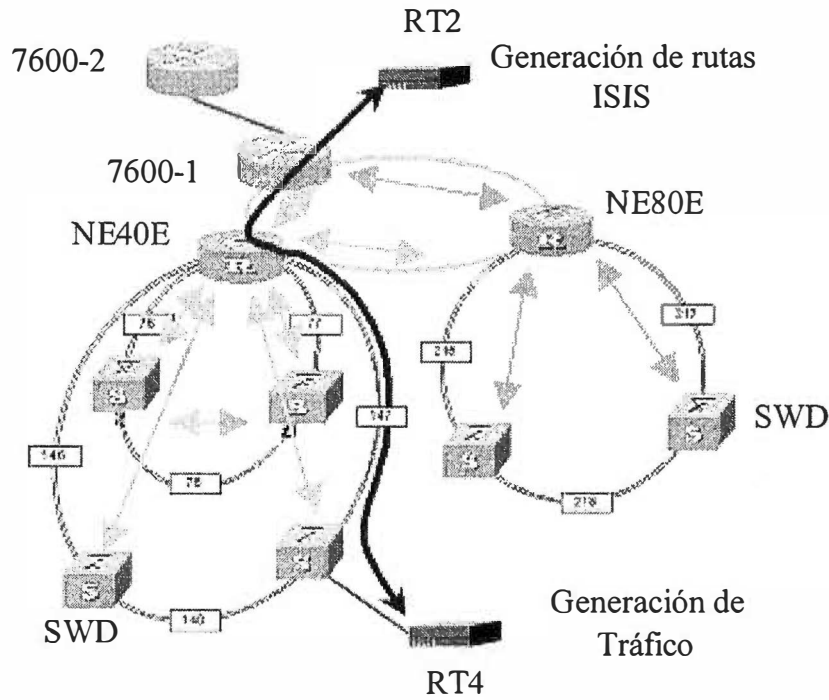


Fig. 2.2 Escenario de pruebas IS-IS

2.3.2 Descripción de las Pruebas

Tabla N° 2.1 Pruebas IS-IS

Objetivo de las Pruebas	Verificar la capacidad de rutas IS-IS
Resultados Esperados	La recepción correcta de 19K rutas ISIS. Todos los flujos de paquetes, deberán ser recibidos sin pérdidas.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se configura globalmente el protocolo IS-IS, así como en todas las interfaces 2. RT2 genera 3000 rutas de 1.0.0.0/32, 3000 rutas de 2.0.0.0/32, y 13000 rutas de 20.0.0.0/32 3. RT4 envía tráfico de 1.0.0.0-1.0.7.207/32, 2.0.0.0-2.0.7.207/32, y 20.0.0.0-20.0.50.199/32 como dirección IP destino. 4. Comprobar que RT2 reciba este tráfico y verificar si existe pérdida de paquetes.

2.3.3 Resultado de las Pruebas con Protocolo de Enrutamiento IS-IS

a) **Remover el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1.**

Tabla N° 2.2 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	7136671	7123896	12775	0.1790	0.4258
ISIS_2	7136671	7106888	29783	0.4173	0.9928
ISIS_3	7136671	7076076	60595	0.8491	2.0198

b. **Reconectar el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1**

Tabla N° 2.3 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	2532430	2532430	0	0.0000	0.0000
ISIS_2	2532430	2532430	0	0.0000	0.0000
ISIS_3	2532430	2532430	0	0.0000	0.0000

c. Remover el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/3 (Concentración) del equipo NE40E-1.

Tabla N° 2.4 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	2245153	1578816	666337	29.6789	22.2112
ISIS_2	2245153	1504144	741009	33.0048	24.7003
ISIS_3	2245153	1353378	891775	39.7200	29.7258

d. Reconectar el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/3 (Concentración) del equipo NE40E-1.

Tabla N° 2.5 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	3065683	3065683	0	0.0000	0.0000
ISIS_2	3065683	3065683	0	0.0000	0.0000
ISIS_3	3065684	3065682	2	0.0001	0.0001

Se observa tiempos de convergencia del orden de 29s, en el caso crítico y en el mejor caso: tiempos de convergencia de 0s (no existe pérdida de frames).

2.4 Pruebas con Protocolo de Enrutamiento BGP

2.4.1 Escenario de Pruebas BGP

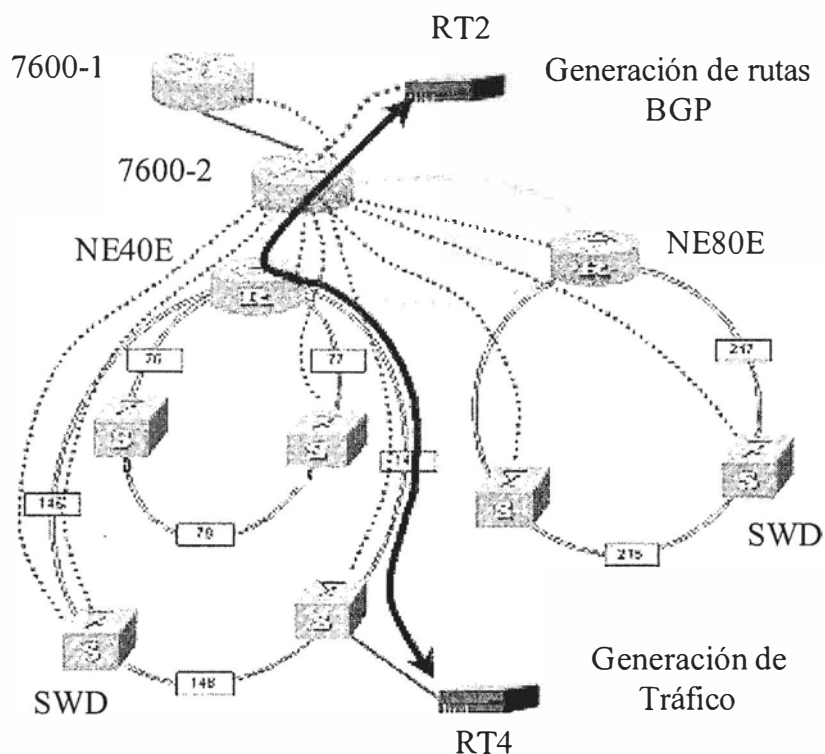


Fig. 2.3 Escenario de pruebas BGP

2.4.2 Descripción de las Pruebas BGP

Tabla N° 2.6 Pruebas BGP

Objetivo de las Pruebas	Verificar la capacidad de rutas BGP
Resultados Esperados	La recepción correcta de 180K rutas BGP. Todos los flujos de paquetes, deberán ser recibidos sin pérdidas.
Procedimiento	1. Se configura el protocolo BGP, el equipo C7600-1 como route reflector (RR), los equipos: NE40E / NE80E / S8500 se configuran como punto BGP con el C7600-1
	2. RT2 genera 30K rutas de 1.0.0.0/32, 30K rutas de 2.0.0.0/32, y 120K rutas de 100.0.0.0/32
	3. RT4 envía tráfico de 200.1.1.1-200.1.4.232/32, 1.0.0.0-1.0.117.47/32, 2.0.0.0-2.0.117.47/32, y 100.0.0.0-100.1.17.111/32 como dirección IP destino.

2.4.3 Resultado de las Pruebas con Protocolo de Enrutamiento BGP

a) Remover el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1.

Tabla N° 2.7 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	3173316	3160331	12985	0.4092	0.4328
ISIS_2	3173316	3127367	45949	1.4480	1.5316
ISIS_3	3173317	3058525	114792	3.6174	3.8264
BGP_1	3173317	2544924	628393	19.8024	20.9464
BGP_2	3173317	2622637	550680	17.3535	18.3560
BGP_3	3173316	2698331	474985	14.9681	15.8328

b. Reconectar el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1

Tabla N° 2.8 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Transmitidos	Frames Recibidos	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	2776506	2776507	0	0.0000	0.0000
ISIS_2	2776506	2776507	0	0.0000	0.0000
ISIS_3	2776507	2776506	1	0.0000	0.0000
BGP_1	2776507	2776506	1	0.0000	0.0000
BGP_2	2776506	2776506	0	0.0000	0.0000
BGP_3	2776506	2776506	0	0.0000	0.0000

c. Remover el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/3 (Concentración) del equipo NE40E-1.

Tabla N° 2.9 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	7412086	6564043	848043	11.4414	28.2681
ISIS_2	7412086	6501666	910420	12.2829	30.3473
ISIS_3	7412085	6057861	1354224	18.2705	45.1408
BGP_1	7412086	6262592	1149494	15.5084	38.3165
BGP_2	7412086	5029421	2382665	32.1457	79.4222
BGP_3	7412086	4957849	2454237	33.1113	81.8079

d. Reconectar el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/3 (Concentración) del equipo NE40E-1.

Tabla N° 2.10 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	5408848	5408849	0	0.0000	0.0000
ISIS_2	5408848	5408847	1	0.0000	0.0000
ISIS_3	5408848	5408847	1	0.0000	0.0000
BGP_1	5408849	5408746	103	0.0019	0.0034
BGP_2	5408849	5408721	128	0.0024	0.0043
BGP_3	5408849	5408833	16	0.0003	0.0005

e. Desconexión Lógica de Tarjeta Procesadora del equipo NE40E

Tabla N° 2.11 Desconexión Lógica de Tarjeta Procesadora del equipo NE40E

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	7856592	7856591	1	0.0000	0.0000
ISIS_2	7856592	7856590	2	0.0000	0.0001
ISIS_3	7856592	7856588	4	0.0001	0.0001
BGP_1	7856592	7856590	2	0.0000	0.0001
BGP_2	7856592	7856591	1	0.0000	0.0000
BGP_3	7856592	7856588	4	0.0001	0.0001

f. Desconexión Física de Tarjeta Procesadora del equipo NE40E

Tabla N° 2.12 Desconexión Física de Tarjeta Procesadora del equipo NE40E

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
ISIS_1	4198634	4198632	2	0.0001	0.0001
ISIS_2	4198633	4198630	3	0.0001	0.0001
ISIS_3	4198634	4198627	7	0.0002	0.0002
BGP_1	4198634	4198628	6	0.0001	0.0002
BGP_2	4198634	4198630	4	0.0001	0.0001
BGP_3	4198634	4198629	5	0.0001	0.0002

2.5 Pruebas del Servicio de Internet

2.5.1 Escenario de Pruebas de Internet

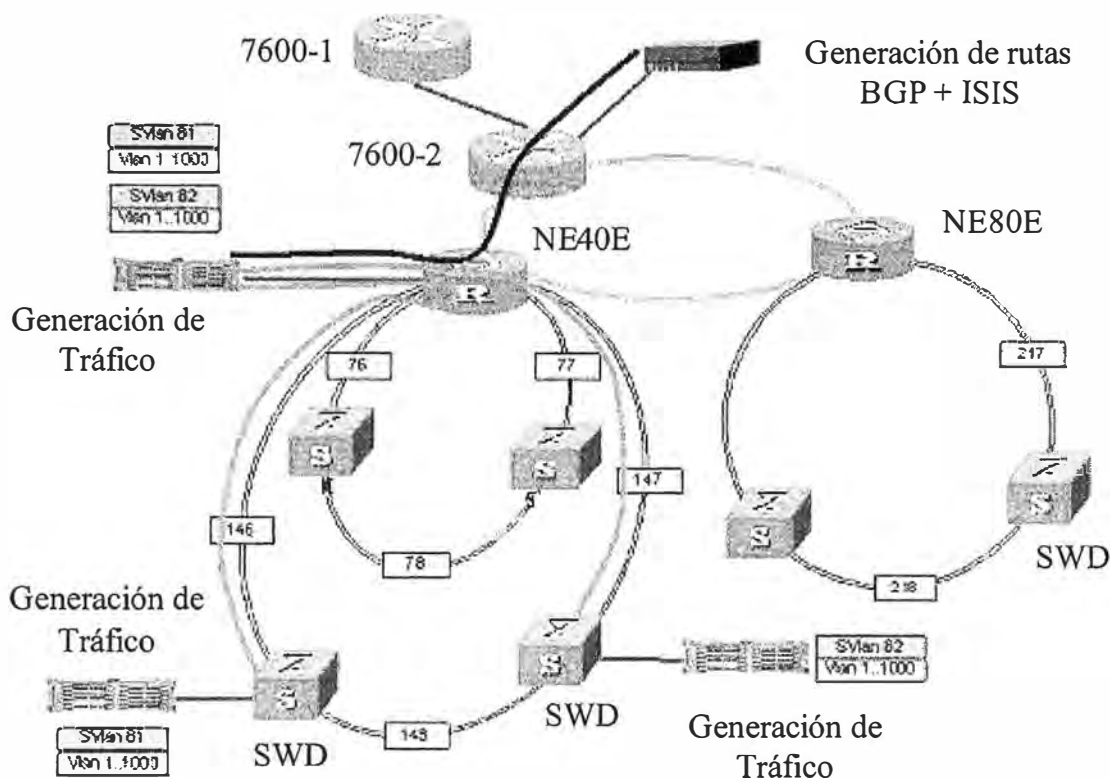


Fig. 2.4 Escenario de pruebas Internet

2.5.2 Descripción de las Pruebas:

Tabla N° 2.13 Pruebas del Servicio de Internet

Objetivo de las Pruebas	Simular el Servicio de Internet
Resultados Esperados	Todos los flujos de paquetes, deberán ser recibidos sin pérdidas.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se configura los puertos troncales entre el equipo NE40E-1 y el Smarbits1. 2. Se configura los puertos troncales entre el equipo S8500-3 y el Smarbits3 3. Se genera tráfico QinQ desde el Smarbits1 al Smarbits2 y Smarbits 3. 4. Se genera tráfico QinQ desde el Smarbits2 y Smarbits3 hacia el Smarbits 1. 5. Verificar que el tráfico generado y recibido por cada Smarbits es correcto.

2.5.3 Resultado de las Pruebas de Internet

a) **Remover el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1**

Tabla N° 2.14 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
Internet_1A2_to_2A2	14677437	14677437	0	0.0000	0.0000
Internet_2A1_to_2A2	14677340	14302250	375090	2.5556	3.7509
ISIS_1	4393333	2785781	1607552	36.5907	53.5851
ISIS_2	4393333	3187335	1205998	27.4506	40.1999
ISIS_3	4393333	2952479	1440854	32.7964	48.0285
BGP_1	4393334	3251513	1141821	25.9899	38.0607
BGP_2	4393333	2141965	2251368	51.2451	75.0456
BGP_3	4393333	1865489	2527844	57.5382	84.2615

b. **Reconectar el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1**

Tabla N° 2.15 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
Internet_1A2_to_2A2	23347876	23347868	8	0.0000	0.0001
Internet_2A1_to_2A2	23347721	23294562	53159	0.2277	0.5316

ISIS_1	6988618	6988614	4	0.0001	0.0001
ISIS_2	6988619	6988607	12	0.0002	0.0004
ISIS_3	6988618	6988609	9	0.0001	0.0003
BGP_1	6988618	6342445	646173	9.2461	21.5391
BGP_2	6988618	6800657	187961	2.6895	6.2654
BGP_3	6988618	6988576	42	0.0006	0.0014

c. Desconexión Física de Tarjeta Procesadora del equipo NE40E

Tabla N° 2.16 Desconexión Física de Tarjeta Procesadora del equipo NE40E

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
Internet_1A2_to_2A2	12282565	12282554	11	0.0001	0.0001
Internet_2A1_to_2A2	12282484	12282465	19	0.0002	0.0002
ISIS_1	3676487	3676486	1	0.0000	0.0000
ISIS_2	3676486	3676486	0	0.0000	0.0000
ISIS_3	3676487	3676483	4	0.0001	0.0001
BGP_1	3676487	3676485	2	0.0001	0.0001
BGP_2	3676487	3676485	2	0.0001	0.0001
BGP_3	3676487	3676484	3	0.0001	0.0001

2.6 Pruebas del Servicio de VoIP

2.6.1 Escenario de Pruebas

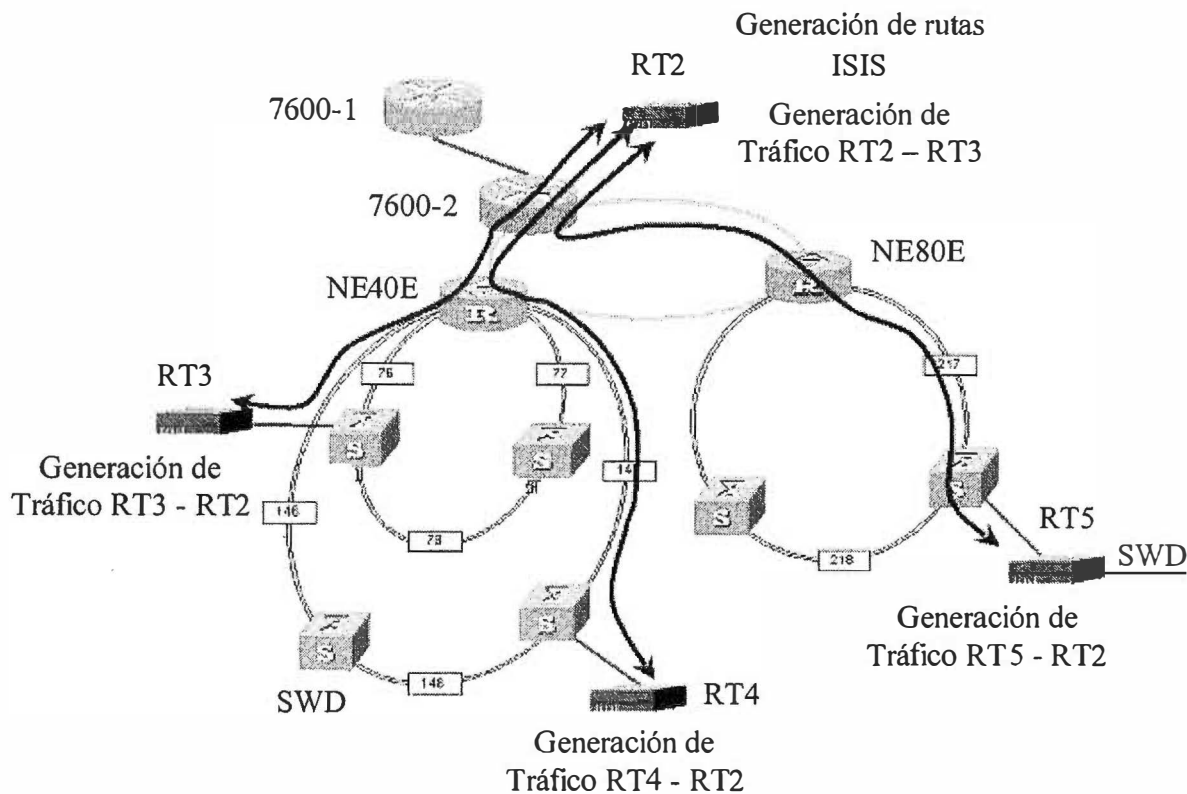


Fig. 2.5 Escenario de pruebas de VoIP

2.6.2 Descripción de las Pruebas

Tabla N° 2.17 Pruebas de Voz sobre IP

Objetivo de las Pruebas	Simular los Servicios de VoIP
Resultados Esperados	Todos los flujos de paquetes, deberán ser recibidos sin pérdidas
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. En los probadores de routers RT3, RT4 y RT5, generar tráfico para simular paquetes de VoIP al RT2. Similarmente generar tráfico de VoIP en RT@ al RT3, RT4 y RT5. Marcar la calidad de servicio (QoS), según el grafico. 2. Configurar los equipos (C7600-1, S8500-1, S8500-4 y S8500-6) para mapear todo el tráfico de VoIP para la misma VPN de nivel 3 3. Verificar el correcto funcionamiento de la Red

2.6.3 Resultado de las Pruebas de Tráfico de VoIP

a) Remover el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1

Tabla N° 2.18 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
L3VPN_1A1_to_1B1_1	4661675	4661467	208	0.0045	0.0069
L3VPN_1A1_to_1B1_500	4661675	4661466	209	0.0045	0.0070
Internet_1A2_to_2A2	15557528	15557528	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1B2_to_1B1_1	4661587	4661390	197	0.0042	0.0066
L3VPN_1B2_to_1B1_500	4661587	4661390	197	0.0042	0.0066
Internet_2A1_to_2A2	15557424	15557424	0	0.0000	0.0000
ISIS_1	4742860	4729230	13630	0.2874	0.4543
ISIS_2	4742860	4714337	28523	0.6014	0.9508
ISIS_3	4742861	4677374	65487	1.3808	2.1829
L3VPN_2B2_to_1B1_1	4742861	4742761	100	0.0021	0.0033
L3VPN_2B2_to_1B1_500	4742860	4742760	100	0.0021	0.0033

b. Reconectar el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1

Tabla N° 2.19 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
L3VPN_1A1_to_1B1_1	1958577	1790356	168221	8.5889	5.6074

L3VPN_1A1_ to_1B1_500	1958577	1790355	168222	8.5890	5.6074
Internet_1A2_ to_2A2	6536550	6536550	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1B2_ to_1B1_1	1958543	1958544	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1B2_ to_1B1_500	1958544	1958543	1	0.0001	0.0000
Internet_2A1_ to_2A2	6536507	6536507	0	0.0000	0.0000
ISIS_1	1992711	1992708	3	0.0002	0.0001
ISIS_2	1992710	1992708	2	0.0001	0.0001
ISIS_3	1992710	1992708	2	0.0001	0.0001
L3VPN_2B2_ to_1B1_1	1992710	1821534	171176	8.5901	5.7059
L3VPN_2B2_ to_1B1_500	1992711	1821516	171195	8.5911	5.7065

c. Remover el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/3 (Concentración) del equipo NE40E-1.

Tabla N° 2.20 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
L3VPN_1A1_ to_1B1_1	4947005	4946786	219	0.0044	0.0073
L3VPN_1A1_ to_1B1_500	4947006	4946785	221	0.0045	0.0074
Internet_1A2_ to_2A2	16509905	16509905	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1B2_ to_1B1_1	4946920	4946786	134	0.0027	0.0045
L3VPN_1B2_ to_1B1_500	4946920	4946785	135	0.0027	0.0045
Internet_2A1_ to_2A2	16509795	16136681	373114	2.2600	3.7311

ISIS_1	5033184	3915410	1117774	22.2081	37.2591
ISIS_2	5033183	3804668	1228515	24.4083	40.9505
ISIS_3	5033183	3647769	1385414	27.5256	46.1805
L3VPN_2B2_ to_1B1_1	5033183	3909379	1123804	22.3279	37.4601
L3VPN_2B2_ to_1B1_500	5033184	3736657	1296527	25.7596	43.2176

d. Reconectar el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/3 (Concentración) del equipo NE40E-1.

Tabla N° 2.21 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
L3VPN_1A1_ to_1B1_1	4529595	4529461	134	0.0030	0.0045
L3VPN_1A1_ to_1B1_500	4529594	4529460	134	0.0030	0.0045
Internet_1A2_ to_2A2	15116932	15116932	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1B2_ to_1B1_1	4529512	4529461	51	0.0011	0.0017
L3VPN_1B2_ to_1B1_500	4529512	4529460	52	0.0012	0.0017
Internet_2A1_ to_2A2	15116832	14833188	283644	1.8764	2.8364
ISIS_1	4608512	4608470	42	0.0009	0.0014
ISIS_2	4608512	4608512	0	0.0000	0.0000
ISIS_3	4608512	4608509	3	0.0001	0.0001
L3VPN_2B2_ to_1B1_1	4608512	4608495	17	0.0004	0.0006
L3VPN_2B2_ to_1B1_500	4608512	4608512	0	0.0000	0.0000

2.7 Pruebas del Servicio de Video (IPTV)

2.7.1 Escenario de Pruebas

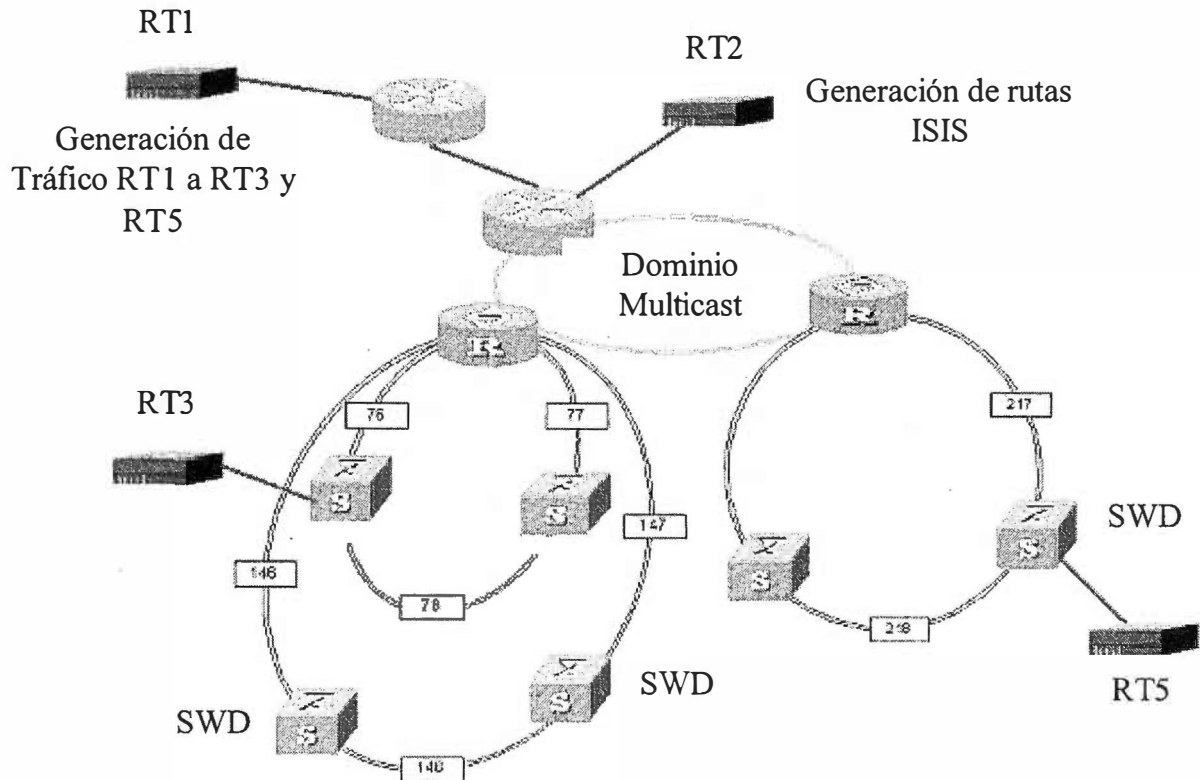


Fig. 2.6 Escenario de pruebas de Video

2.7.2 Descripción de las Pruebas

Tabla N° 2.22 Pruebas del Servicio de Video

Objetivo de las Pruebas	Simular los Servicios de IPTV
Resultados Esperados	Todos los flujos de paquetes, deberán ser recibidos sin pérdidas.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se configura el dominio Multicast VPN (MVPN), entre los equipos C7600-1 y C7600-2. 2. En los Conmutadores de Concentración enlazar el tráfico Multicast dentro de una VLAN (Multicast VLAN) y enviar el tráfico hacia los conmutadores de distribución 3. En los probadores de routers RT1, generar tráfico para simular 100 canales multicast (2,5Mbps/canal). Marcar la calidad de servicio (QoS), de acuerdo al grafico. 4. Cofigurar los “probadores de routers”: RT3 y RT5 para asociar (join) todos los gupos multicast

2.7.3 Resultado de las Pruebas de Tráfico de Video

a) Remover el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1

Tabla N° 2.23 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
Internet_2A1_to_2A2	6631554	6631554	0	0.0000	0.0000
Multi_to_1A1 & 1B2_1	1978854	1939979	38875	1.9645	1.2958
Multi_to_1A1 & 1B2_100	1978854	1939946	38908	1.9662	1.2969
ISIS_1	2021680	2005705	15975	0.7902	0.5325
ISIS_2	2021680	1990392	31288	1.5476	1.0429
ISIS_3	2021679	1943943	77736	3.8451	2.5912
L3VPN_2B2_to_1B1_1	2021679	2021679	0	0.0000	0.0000
L3VPN_2B2_to_1B1_500	2021679	2021679	0	0.0000	0.0000
Internet_1A2_to_2A2	6631598	6631598	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1A1_to_1B1_1	1987097	1986961	136	0.0068	0.0045
L3VPN_1A1_to_1B1_500	1987097	1986960	137	0.0069	0.0046
L3VPN_1B2_to_1B1_1	1986965	1986961	4	0.0002	0.0001
L3VPN_1B2_to_1B1_500	1986965	1986960	5	0.0003	0.0002

b. Reconectar el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/6 (Anillo Metro) del equipo NE40E-1

Tabla N° 2.24 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/6)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
Internet_2A1_to_2A2	6113786	6113786	0	0.0000	0.0000
Multi_to_1A1&1B2_1	1824346	1514223	310123	16.9991	10.3374
Multi_to_1A1&1B2_100	1824346	1511947	312399	17.1239	10.4133
ISIS_1	1863809	1863810	0	0.0000	0.0000
ISIS_2	1863809	1863810	0	0.0000	0.0000
ISIS_3	1863809	1863809	0	0.0000	0.0000
L3VPN_2B2_to_1B1_1	1863810	1706251	157559	8.4536	5.2520
L3VPN_2B2_to_1B1_500	1863810	1706251	157559	8.4536	5.2520
Internet_1A2_to_2A2	6113826	6113826	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1A1_to_1B1_1	1831940	1677336	154604	8.4394	5.1535
L3VPN_1A1_to_1B1_500	1831940	1677335	154605	8.4394	5.1535

c. Remover el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/3 (Concentración) del equipo NE40E-1.

Tabla N° 2.25 Desconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
Internet_2A1_to_2A2	8194745	8194745	0	0.0000	0.0000
Multi_to_1A1&1B2_1	2445306	2186048	259258	10.6023	8.6419

Multi_to_1A1 &1B2_100	2445306	2186048	259258	10.6023	8.6419
ISIS_1	2498202	2498202	0	0.0000	0.0000
ISIS_2	2498202	2498202	0	0.0000	0.0000
ISIS_3	2498202	2498202	0	0.0000	0.0000
L3VPN_2B2_ to_1B1_1	2498202	2498202	0	0.0000	0.0000
L3VPN_2B2_ to_1B1_500	2498202	2498202	0	0.0000	0.0000
Internet_1A2_ to_2A2	8194799	8194799	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1A1_ to_1B1_1	2455496	1510630	944866	38.4796	31.4955
L3VPN_1A1_ to_1B1_500	2455496	1375726	1079770	43.9736	35.9923
L3VPN_1B2_ to_1B1_1	2455304	2455276	28	0.0011	0.0009
L3VPN_1B2_ to_1B1_500	2455304	2455275	29	0.0012	0.0010

d. Reconectar el enlace físico correspondiente al puerto 3/0/3 (Concentración) del equipo NE40E-1.

Tabla N° 2.26 Reconexión de enlace en equipo NE40E (puerto 3/0/3)

Nombre	Frames Tx	Frames Rx	Frames Perdidos	Porcentaje de Pérdida (%)	Tiempo de Convergencia (s)
Internet_2A1_ to_2A2	9816442	9816442	0	0.0000	0.0000
Multi_to_1A1 &1B2_1	2929216	3025137	0	0.0000	0.0000
Multi_to_1A1 &1B2_100	2929216	3025132	0	0.0000	0.0000
ISIS_1	2992613	2992613	0	0.0000	0.0000
ISIS_2	2992613	2992613	0	0.0000	0.0000

ISIS_3	2992612	2992612	0	0.0000	0.0000
L3VPN_2B2_to_1B1_1	2992612	2992612	0	0.0000	0.0000
L3VPN_2B2_to_1B1_500	2992612	2992612	0	0.0000	0.0000
Internet_1A2_to_2A2	9816507	9816507	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1A1_to_1B1_1	2941499	2756472	185027	6.2902	6.1676
L3VPN_1A1_to_1B1_500	2941499	2803649	137850	4.6864	4.5950
L3VPN_1B2_to_1B1_1	2941199	2941199	0	0.0000	0.0000
L3VPN_1B2_to_1B1_500	2941198	2941198	0	0.0000	0.0000

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA RED METRO-ETHERNET

3.1 Arquitectura de la Red Metro Ethernet

Sobre la base de ventajas de escalabilidad, confiabilidad y calidad de servicio de una red Metro Ethernet, se plantea una arquitectura de red tal como se muestra en la figura.

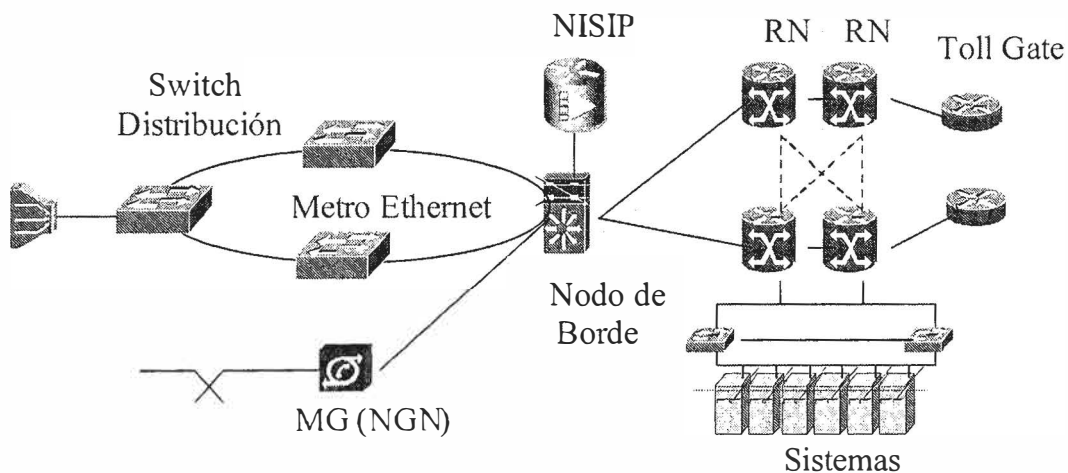


Fig. 3.1 Modelo de Red

3.1.1 Acceso

Esta es la capa de red mas próxima al cliente final y donde se encuentra un punto de terminación de red de la operadora. Esta capa estará compuesta por los DSLAMs Ethernet y los Conmutadores Ethernet Terminales.

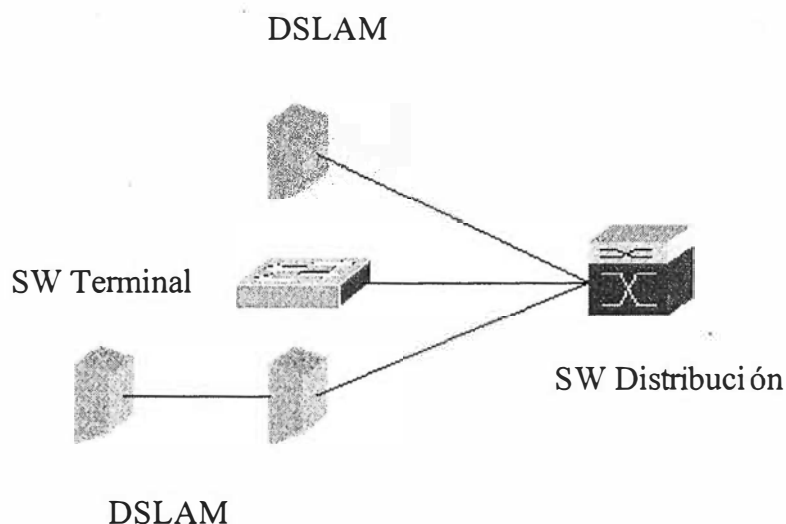


Fig. 3.2 Acceso

a. Acceso a través de líneas ADSL y DSLAM

El tráfico en el Dslam será encapsulado de acuerdo con la RFC 1483 Bridge (o RFC 2684 Bridge). El Dslam Ethernet recibirá el tráfico entrante de las líneas ADSL, el cual retirará la información de la capa ATM y encapsulará los datos en tramas Ethernet asociando un PVC a una Vlan ID.

La línea ADSL transportará tres servicios residenciales: Internet, Vídeo y VoIP en donde cada servicio será mapeado a un PVC distinto lo cual permitirá aplicar políticas de QoS distintas para cada servicio.

Para que el mapeo de servicio por PVC sea posible, cada equipo de cliente debe de estar conectado a un puerto del Modem ADSL y cada puerto debe ser mapeado para un PVC específico, como se muestra en la figura 13.

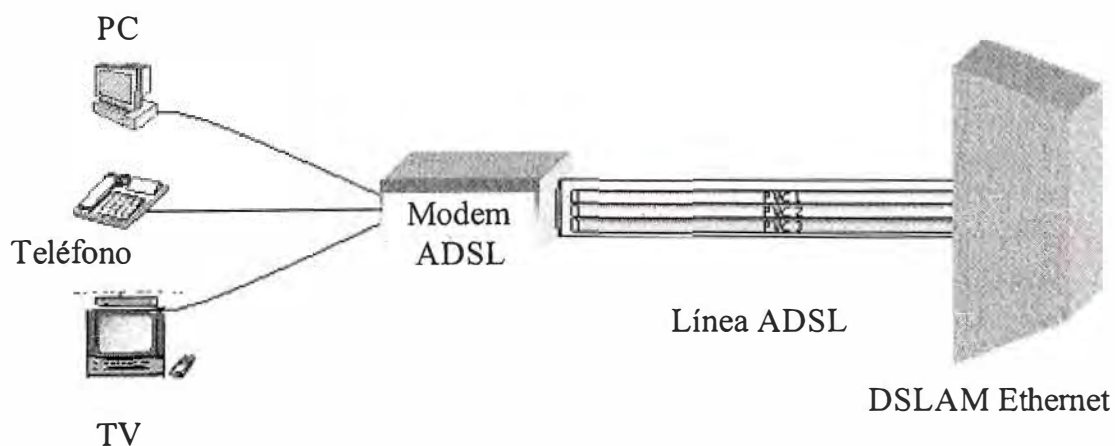


Fig. 3.3 Acceso ADSL: Mapeo de un puerto del Modem a un PVC

El DSLAM será capaz de colocar dos etiquetas 802.1q para el servicio de Internet, una etiqueta para el servicio de Vídeo y una etiqueta para el servicio de VoIP. La decisión del DSLAM estará basada en el PVC de servicio y el puerto del DSLAM.

En esta fase inicial del despliegue de la red Metro Ethernet de en los anillos se tendrá solamente tráfico del servicio Speedy.

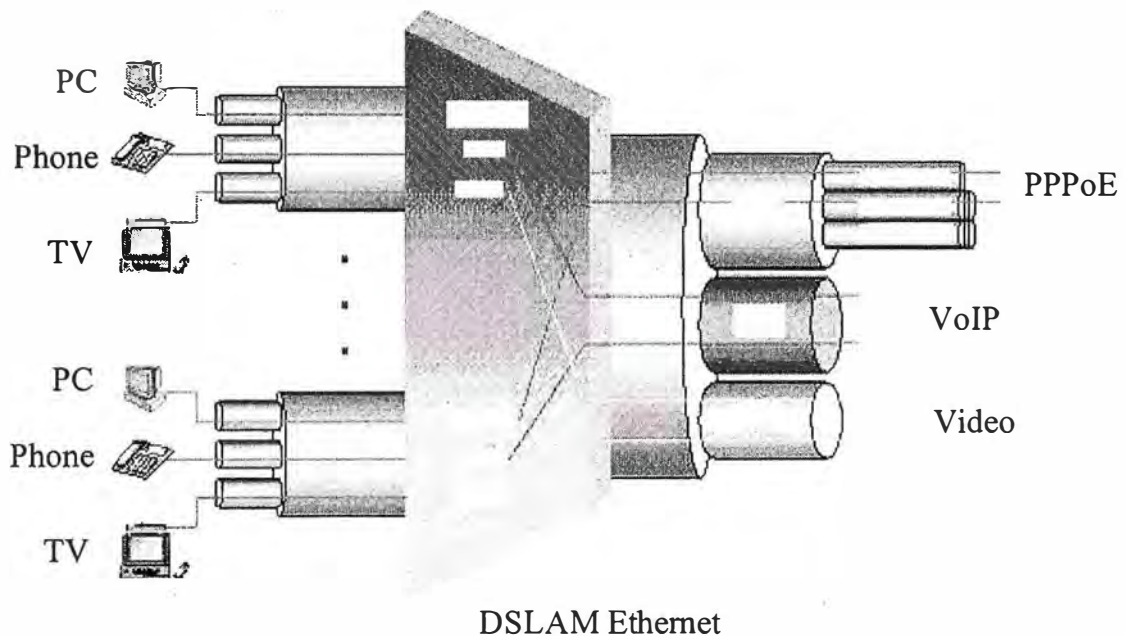


Fig. 3.4 Acceso ADSL: Mapeo de los servicios de Internet, Voz y Video en el Dslam

b. Identificación de la Línea DSL

Como a cada cliente de Telefónica del Perú se le asocia una VLAN ID y además se le asocia una segunda etiqueta (VLAN Stacked) entonces se reflejan dos niveles similar al par VPI/VCI. Las VLAN ID y VLAN Stacked son terminadas en el Agregador de Servicios, luego el Agregador de Servicios actúa como cliente Radius e inserta en su solicitud Radius, hacia el Servidor AAA, el atributo Port-ID el cual contiene información de Slot, Puerto, S-VLAN y VLAN por cada conexión. La figura muestra el proceso de identificación de la línea DSL.

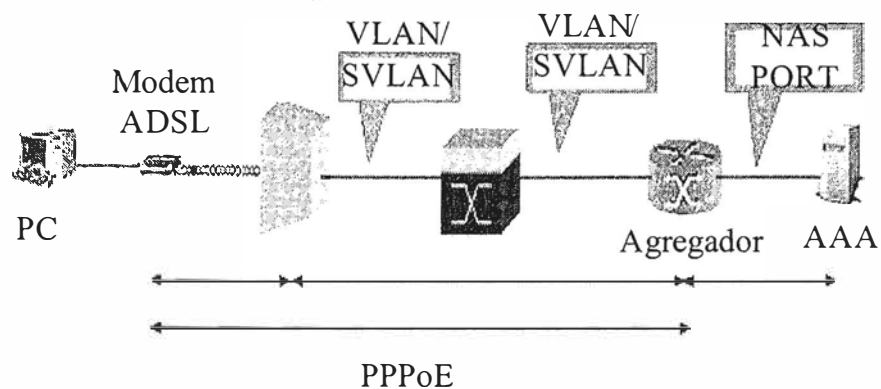


Fig. 3.5 Proceso de identificación de la línea DSL

c. Conmutador Terminal

El conmutador terminal es un punto de terminación de red de , por lo que cada puerto de este equipo tendrá un cliente directamente conectado.

Este equipo será el responsable por la entrada de servicios como Internet con IP dedicado, LAN to LAN y VPN en donde para los servicios de Internet con IP dedicado y VPN la interface usuario red será configurada como trunk y para el caso del servicio LAN to LAN que será punto a multipunto, esta interface debe en principio ser configurada para que adicione una etiqueta de VLAN, caracterizando el servicio transparente.

Existen dos tipo de CPEs que pueden ser utilizados por el cliente: CPE confiable y no confiable, en donde el primero se trata de un equipo de responsabilidad de siendo configurado y gestionado por , mientras que los no confiables son de responsabilidad del cliente.

El enlace entre el SWT y SWD debe estar configurado con las siguientes funcionalidades:

- 802.1p/q
- Políticas de QoS
- VLAN de gestión
- VLANs de los clientes atendidos por el conmutador terminal

Las puertas del conmutador terminal conectadas a los CPE confiables deberán soportar las siguientes funcionalidades:

- 802.1p/q

- Asignación PHB de acuerdo con las políticas de QoS
- Control de ancho de banda
- QinQ
- VLAN de gestión

Seguridad:

- Límite de direcciones MAC
- Control de tráfico Broadcast
- Tunnelización de protocolos de capa 2 (por ejemplo, BPDUs)

Las puertas del conmutador terminal conectadas a los CPE no confiables deberán soportar las siguientes funcionalidades:

- 802.1p/q
- Control de ancho de banda
- Configuración del Traffic Conditioner de acuerdo con las políticas de QoS:
- Configuración de la máxima velocidad contratada y el burst máximo permitido
- Marcar con CoS el tráfico conformado y el excedente permitido.
- Descartar el tráfico excedente no permitido.

Seguridad:

- Límite de direcciones MAC,
- Control de tráfico Broadcast
- Tunnelización de protocolos de capa 2 (por ejemplo, BPDUs)

d. CPE Confiable

Este elemento puede ser un switch o router, de acuerdo al servicio prestado. Como este elemento es de responsabilidad de , los conmutadores terminales deben confiar en la marcación realizada por el CPE.

El CPE debe soportar las siguientes funcionalidades:

- 802.1p/q
- Configuración del Traffic Conditioner de acuerdo con las políticas de QoS

- Configuración de la máxima velocidad contratada y el burst máximo permitido
- Marcar con CoS el tráfico conformado y el excedente permitido.
- Descartar el tráfico excedente no permitido.

Seguridad:

- Límite de direcciones MAC
- Control de tráfico Broadcast

e. CPE no confiable

Este elemento puede ser un switch o router, de acuerdo al servicio prestado. Como este elemento es de responsabilidad del cliente, los conmutadores terminales deben marcar todo el tráfico proveniente del CPE de acuerdo con el servicio contratado, así como deberán implementar políticas de seguridad.

El CPE no confiable del cliente debe soportar básicamente en sus interfaces de conexión hacia el conmutador terminal: 802.1p/q.

Los elementos de acceso en la mayoría de los casos son responsables por las configuraciones de seguridad de la red y de la aplicación de políticas de QoS.

Para situaciones de alta disponibilidad, los elementos de acceso pueden conectarse a un conmutador de distribución a través de múltiples enlaces que caigan en puertos de diferentes tarjetas.

3.1.2 Conmutadores de Distribución

Esta capa representa el primer nivel de concentración, donde los equipos de acceso estarán conectados. Un cliente deberá estar conectado preferentemente a un equipo de acceso, en caso sea necesario una conexión directa al elemento de distribución, se debe garantizar que el mismo tenga todas las políticas de seguridad de red y QoS necesarios para una configuración de servicio requerida.

El nivel de distribución debe poseer redundancia, por lo que su conexión física será en anillo, donde un conmutador de distribución podrá estar conectado con otros dos conmutadores, ambos de distribución o uno de distribución y otro de concentración, para el uplink.

Considerando las capacidades de los equipamientos de concentración disponibles en el mercado, una capa de distribución de un mismo Clúster podrá tener hasta 20 anillos. Cada anillo debe ser independiente de los demás, es decir en caso ocurra algún problema de funcionamiento en uno de ellos no debe afectar a los demás anillos.

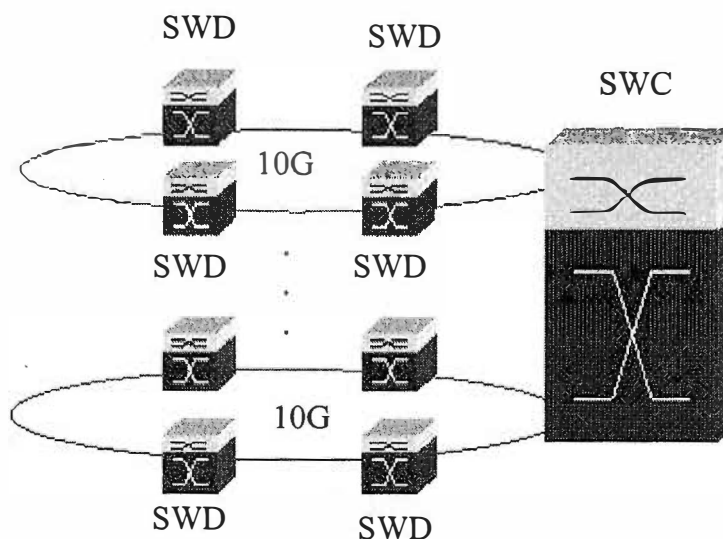


Fig. 3.6 Conmutadores de Distribución y Anillos Metro Ethernet

Teniendo en cuenta que en los anillos se va a desplegar el protocolo MSTP, las interfaces de uplink no deben ser reconfiguradas constantemente ya que esto provocaría reconvergencias de la topología de red lo que conllevaría a tiempos cortos de indisponibilidad de los servicios. Por lo que, todos los conmutadores de distribución deben ser instalados con una pre-configuración en sus interfaces previendo además la gestión y seguridad de los equipos.

Todo el tráfico proveniente de los DSLAMs Ethernet será entregado a los conmutadores de distribución a través de tramas Ethernet, como se muestra en la figura 15.

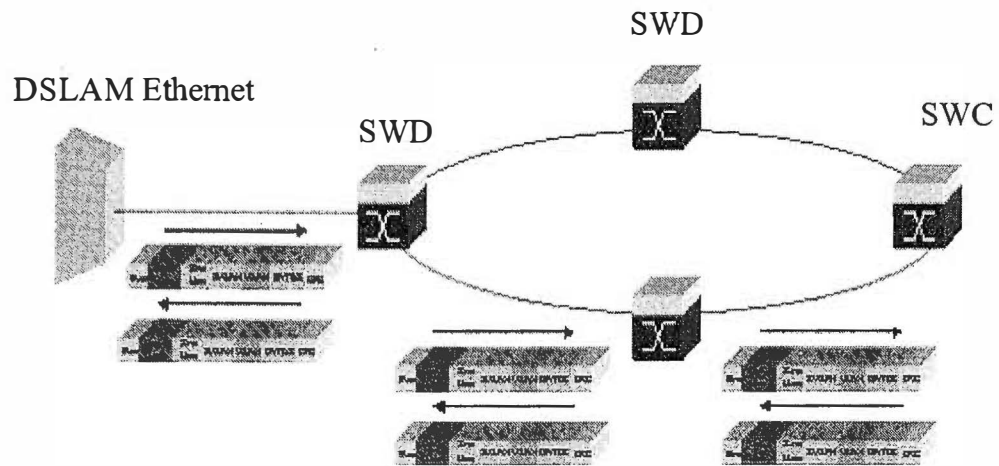


Fig. 3.7 Manejo de tráfico en los Anillos Metro Ethernet.

Los conmutadores de distribución realizarán la conmutación de las tramas Ethernet a través de las etiquetas SVLAN. Estas tramas llegarán hasta el conmutador de concentración, el cual las entregará al equipo agregador de servicios (NISIP).

Las interfaces conectadas a los DSLAMs de acceso deben estar configuradas con:

- 802.1p/q
- Deshabilitación del STP
- Configuración en modo trunk

Mientras que, las interfaces conectadas en anillo deben contemplar todas las VLANs/SVLANS de los clientes Speedy conectados en dicho anillo, como todas las VLANs de los clientes corporativos. Estas interfaces deben estar configuradas con:

- 802.1p/q
- Rango de VLANs/SVLANS servicio Speedy
- Rango de VLAN corporativo (cuando se despliegue)
- VLAN de gestión
- MSTP (802.1s)

Se ha considerado puertos GE separados para el acceso y troncal ya que se busca evitar congestión en los puertos, ya que esto ocasionaría descarte de paquetes en el tráfico downstream.

Las interfaces conectadas hacia el agregador de servicios que llevan tráfico Ethernet estarán configuradas:

- 802.1q
- Rangos de VLANs/SVLANS de acuerdo con los rangos definidos en los DSLAMs
- Deshabilitación del STP
- Configuración en modo trunk

Para el caso de las interfaces que llevan tráfico IP hacia el núcleo IP, estarán configuradas: L3 VLAN.

El conmutador de concentración será el Root del Protocolo Spanning Tree para todos los conmutadores de distribución en el anillo, garantizando que el tráfico circulará en el anillo de manera optimizada, bloqueando lógicamente el enlace más distante del conmutador de concentración, como se muestra en la siguiente figura 17.

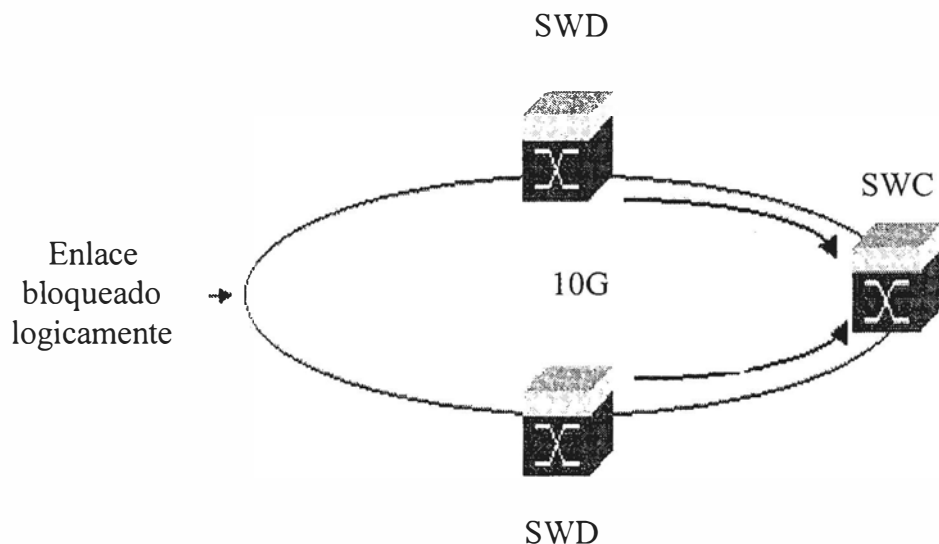


Fig. 3.8 Configuración lógica de los anillos Metro Ethernet.

3.1.3 Concentración

a. Conmutadores de Concentración

Esta capa agregará todo el tráfico de la capa de distribución, como también podrá atender a los DSLAMs y conmutadores terminales próximos. Este equipo será el punto de interconexión entre los equipos agregadores NISIP y la red IP.

Los enlaces uplink hacia el agregador de servicios serán hechos con nxGE mientras que los enlaces hacia la red IP serán hechos con interfaces de 10 GE. El número de conexiones físicas con los agregadores dependerá de las conexiones simultáneas y la capacidad total de cada agregador.

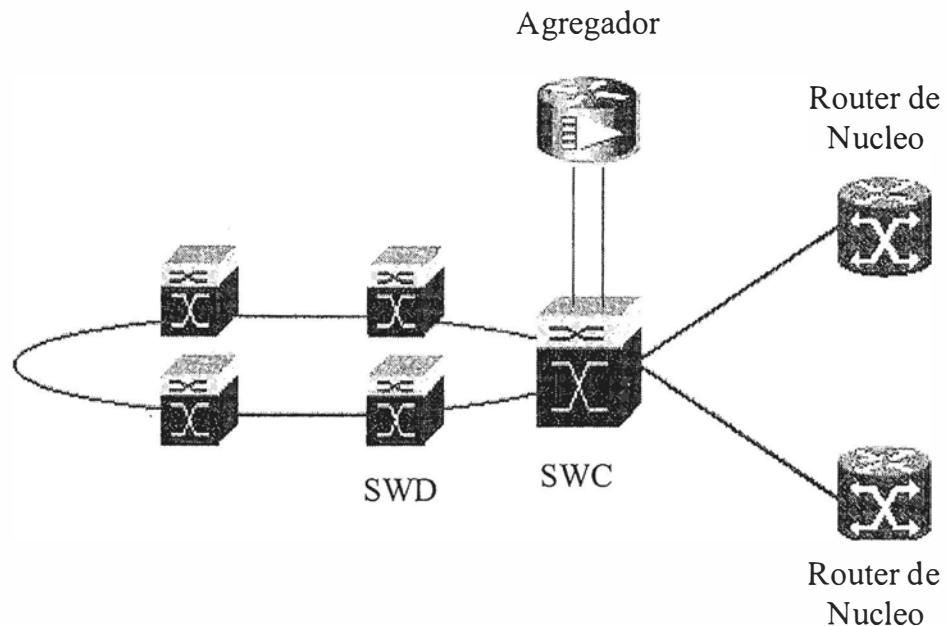


Fig. 3.9 Conmutadores de Concentración

b. Manejo de Tráfico

Este nivel se encargará de realizar la concentración de tráfico del servicio Speedy como el tráfico de los servicios de VoIP y Video, excepto el caso de tráfico cursado entre clientes de servicios de capa 2 en un mismo anillo. El equipo responsable de este nivel es el conmutador de concentración.

En este equipo estarán conectados todos los anillos (conmutadores de distribución) y agregadores de un mismo Clúster como también los routers de núcleo (red IP). El esquema de conectividad se muestra en la siguiente grafico.

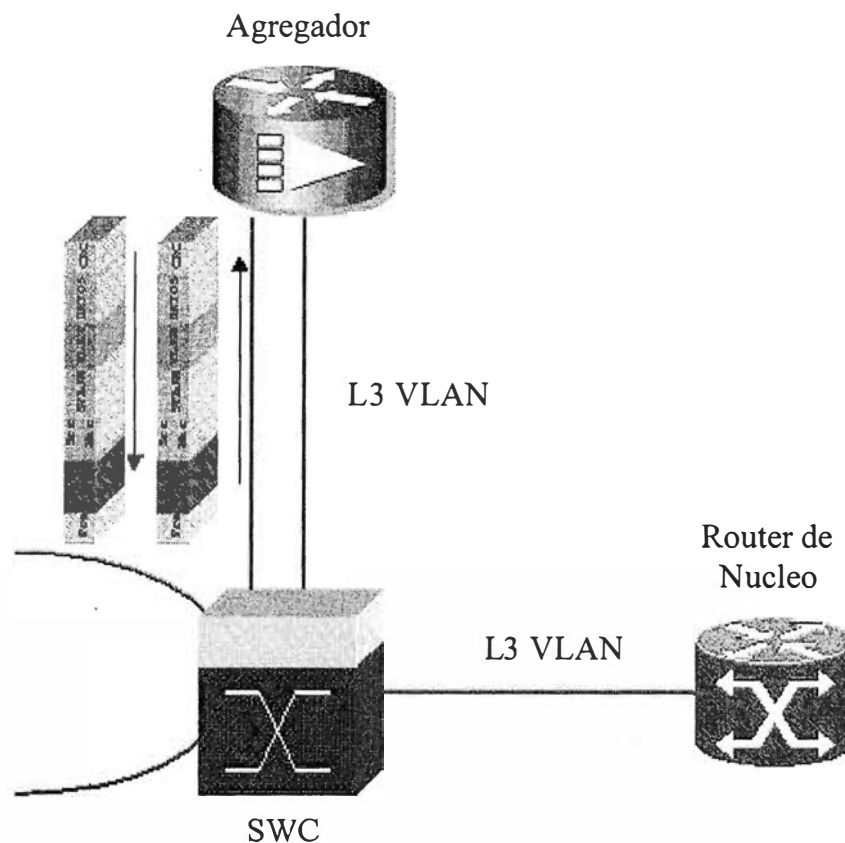


Fig. 3.10 Manejo de tráfico entre el conmutador de concentración, Agregador (NISIP) y Router de Núcleo.

3.2 Gestión de la Red Metro Ethernet

La gestión de los DSLAMs deberá ser hecha desde el centro de gestión a través del iManager BMS actualmente disponible. Para el caso de los conmutadores de distribución como los conmutadores de concentración la gestión se realizará a través del iManager DMS.

El sistema de gestión trabajará en modo in-band para poder alcanzar y controlar tanto los MA5300, MA5100, S8505 y S8512. Para lo cual, se hace necesario la creación de subredes por cada lugar, a los cuales se les asignará un direccionamiento IP de clase C. La VLAN ID asignada para gestión de estos equipos será la VLAN 1. La figura muestra el esquema general para la gestión de los equipos.

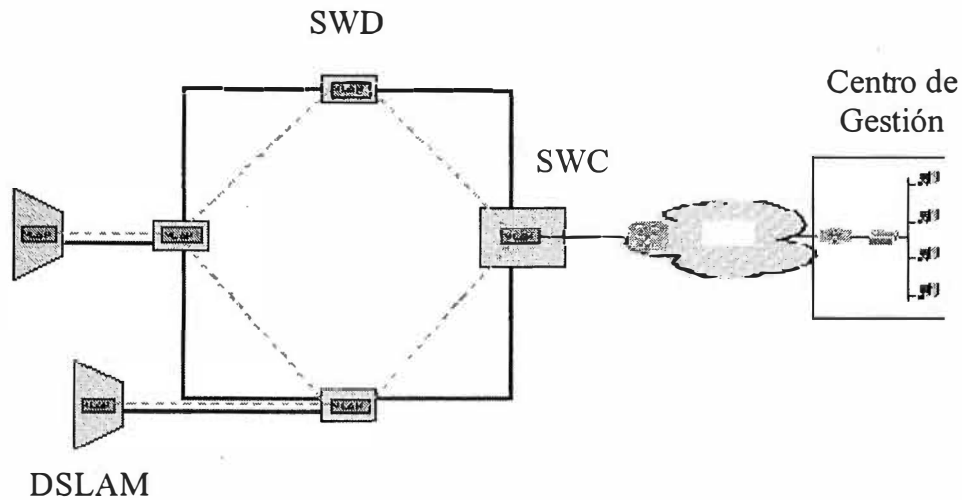


Fig. 3.11 Gestión equipos de la red Metro Ethernet

3.3 Evolución de la arquitectura de red para los servicios de Internet, VoIP e IPTV

3.3.1 Servicio de Internet

La arquitectura que atiende el servicio Speedy debe evolucionar a una arquitectura de Virtual Leased Line (VLL), entre los conmutadores de distribución y los conmutadores de concentración lo que permitirá tener una mayor escalabilidad, mejores herramientas de gestión, funcionalidades IP QoS en la capa de distribución entre otras funcionalidades. El esquema de la arquitectura se muestra en la figura 20.

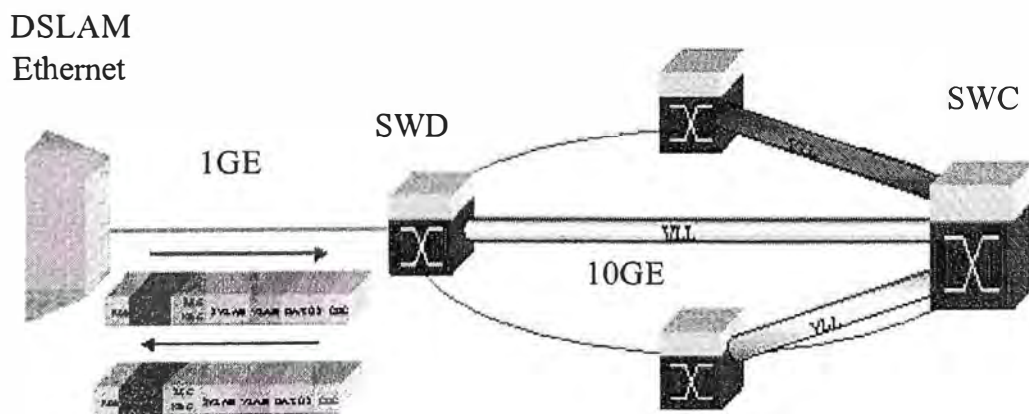


Fig. 3.12 Evolución de la arquitectura de red para el servicio de Internet (Speedy)

3.3.2 Servicio de VoIP y Vídeo

Tanto los servicios de voz como de vídeo broadcast soportados por la red Metro Ethernet tendrán una VLAN exclusiva para dichos tráficos, por lo tanto, todos los clientes que tengan el servicio de VoIP deben tener acceso a una VLAN de Voz a través de un DSLAM. Lo mismo debe ocurrir para el servicio de Vídeo. El servicio de VoIP se dará a través de una VPN L3, mientras que el servicio de vídeo podrá ser dado a través de Multicast VPN o H-VPLS. En la figura 21 se muestra el esquema de conexión lógica.

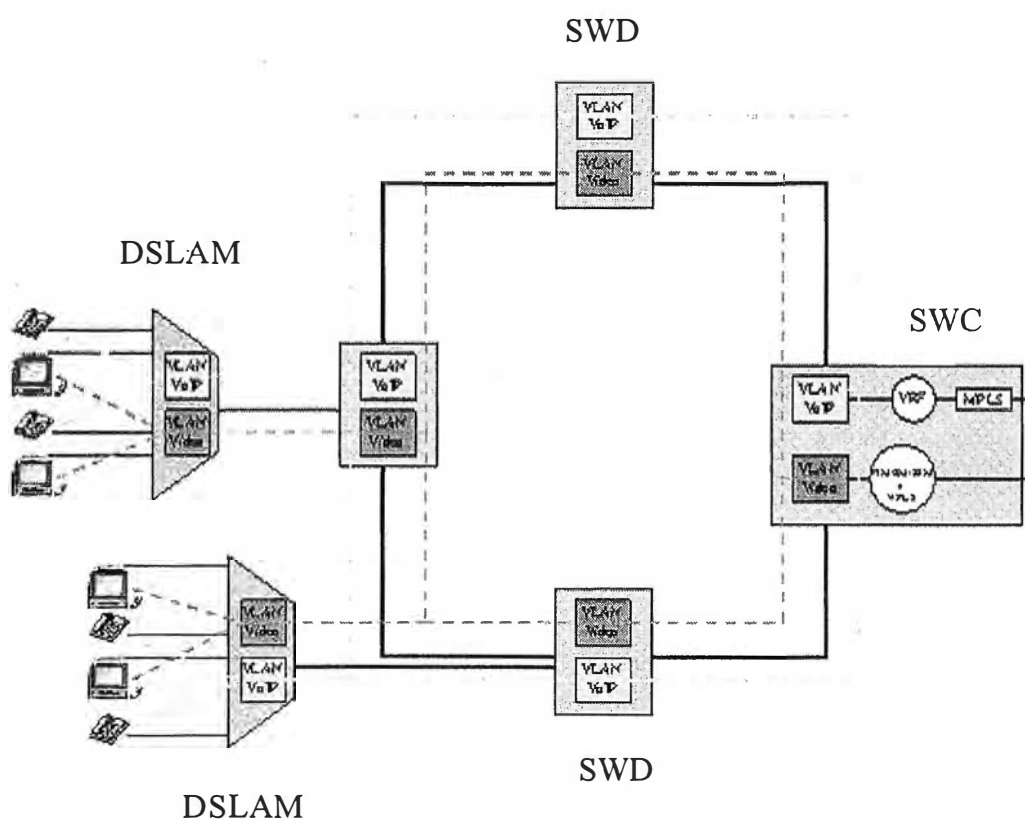


Fig. 3.13 Conexión lógica de las VLANs para VoIP

3.3.3 Servicios Diferenciados en las Redes Metro Ethernet

La red de Internet se ha convertido en una de las mejores herramientas para el desarrollo tecnológico al incluir desde la investigación pura hasta las aplicaciones de negocios. Ello a generado un nuevo tipo de requerimientos en protocolos y tecnologías para soportar las necesidades de los usuarios actuales. Dentro de las demandas más importantes encontramos las concernientes a Calidad de Servicio (QoS) y ancho de banda. Gracias a estas necesidades, se han desarrollado toda una gama de esquemas de solución permitiendo

la satisfacción del usuario y un rápido retorno de inversión para los proveedores de servicios.

Entre las soluciones actuales tenemos (en lo concerniente al ancho de banda) los grandes esfuerzos del grupo de trabajo 802.3, permitiendo extender el dominio de Ethernet más allá de las redes de área local sin modificar de manera significativa sus características. Con ésta solución es posible contar con una única tecnología cubriendo distancias físicas de 40 Km. con velocidades de hasta 10 Gbps.

3.3.4 MPLS Metropolitano

Las fortalezas de las familias Ethernet son muy conocidas, sin embargo presenta algunas limitaciones existentes en ésta tecnología:

a. Ingeniería de tráfico (TE)

En su forma nativa, el 802.3 no tiene la capacidad de asegurar que bajo cierto ancho de banda éste sea compartido justamente. Esta situación se convierte en un punto crítico cuando deseamos contar con una red multiservicios convergentes, para este caso con MPLS se puede garantizar aplicando la ingeniería de tráfico.

b. Recuperación a fallos (Network Resiliency)

Los protocolos naturales de Ethernet como los 802.1d y 802.1w, previenen ciclos y recuperación en caso de fallas en sus enlaces, sin embargo, el tiempo que requiere para complementar esta actividad va desde los 30 segundos hasta varios minutos. Por lo cual la disponibilidad de acceso a la red no le permitiría garantizar la distribución equitativa de ancho de banda requerido por las aplicaciones convergentes.

MPLS permite contar con LSP's de respaldo con un grado de recuperación, de tal manera que una falla en los enlaces de nuestra red metropolitana Ethernet podría restablecerse en no más de 50 milisegundos. Con ésta velocidad de recuperación, se puede mantener transparente la disponibilidad de la red para el usuario final, incluso con miles de servicios ejecutándose de manera simultánea en el momento de la falla del enlace. Realizando una comparación real, la solución Ethernet/MPLS permite contar con una velocidad de recuperación a fallos cien veces mayor a la ofrecida por los esquemas de puentes (Bridge) 802.3, del orden de los milisegundos.

c. Escalabilidad de Servicios.

Con la finalidad de disminuir gastos de instalación y operación, se requiere una arquitectura de redes que siga creciendo de manera proporcional al número de usuarios. Para ello es primordial hacer la distinción de los tráficos de todos los usuarios sin importar el número de redes de acceso o cantidad de nodos conectados simultáneamente. La forma tradicional de Ethernet para afrontar esta problemática es utilizar redes locales virtuales (VLAN). Las VLAN o IEEE 802.1q, tienen la desventaja de sólo direccionar hasta 4,094 etiquetas, las cuales deben ser una por conexión, impidiendo un crecimiento a futuro en la red metropolitana.

Por el contrario, las redes metropolitanas basadas en MPLS encapsulan las etiquetas del 802.1q, de tal forma que sólo tienen significado local debido a que mapean cada etiqueta con un respectivo LSP permitiendo la diferenciación de tráficos de manera eficiente. Con el uso de MPLS no existe una limitante geográfica para el envío de paquetes pertenecientes a una VLAN, lo cual permite al operador de la red metropolitana incrementar sus servicios para cubrir las demandas de los usuarios sin importar su localización o topología de red a la cual pertenece.

d. Convergencia de Servicios con QoS.

Con el binomio IP/MPLS en el corazón de la red metropolitana se tiene mucho que ganar si consideramos la red de acceso metropolitano Ethernet como parte indispensable de una red extremo a extremo (e2e). El uso de MPLS facilita la entrega de servicios al proveer la misma conectividad y niveles de seguridad e2e al interoperar con otros protocolos de capa dos como Frame Relay, ATM, SONET, RPR y DWDM. Empleando MPLS en la red metropolitana, permite crear nuevos puntos de servicio Ethernet sin tener la necesidad de migrar los servicios e infraestructuras de red existentes y continuar disfrutando de VPN o VLAN como si todos los usuarios se encontraran en la misma red local.

La contribución de MPLS a la calidad de servicio (QoS) en las redes metropolitanas Ethernet se basa primordialmente en el manejo de sus etiquetas. La conmutación de etiquetas MPLS es una excelente herramienta para combatir la latencia y el jitter debido a la rapidez con la cual se logra analizar el destino en los paquetes procesados. Con esta simple operación se logra disminuir la latencia en la red, lo cual mejora en mucho el jitter final, no obstante ello, la conmutación de etiquetas no representa la solución real para aquellas aplicaciones sensibles al retardo. Si tenemos una conexión de bajo ancho de

banda, MPLS no provee más ancho de banda, pero mejora de manera significativa los problemas de retardo inherente en las redes actuales. Si reunimos las características más importantes que brinda MPLS metropolitano, se podrían resumir en las siguientes:

- Ingeniería de tráfico.
- VPN .
- Eficiente transporte de capa dos.
- Eliminación de múltiples capas.
- Transforma direcciones IP a etiquetas.
- Soporte para RSVP y protocolos de ruteo.
- Evita overhead.
- Incrementa la escalabilidad de redes y servicios.

3.3.5 Servicios Diferenciados (DiffServ) y MPLS

DiffServ y MPLS resuelven gran parte de los problemas de QoS en las redes IP. DiffServ se apoya del campo Tipo de Servicio (ToS) clasificando los tráficos en diferentes clases en los nodos de ingreso al dominio DiffServ. MPLS realiza en cierta manera una clasificación similar a DiffServ, sólo que éste los clasifica y agrupa en FEC (Forwarding Equivalence Class) para garantizar la QoS. Ambos emplean etiquetas, en DiffServ son conocidas como DiffServ Code Point (DSCP) y etiquetas MPLS en ésta última.

La etiqueta MPLS determina la ruta que un paquete tomará, lo cual permite optimizar el ruteo dentro de una red. Además es factible aplicar la Ingeniería de Tráfico, la cual garantiza la asignación de circuitos virtuales con ciertas garantías de ancho de banda para igual número de etiquetas que lo requieran. Por otro lado, el valor DSCP determina el comportamiento de los nodos de acuerdo a esquemas de colas. Al emplear esquemas de Calidad de Servicio metropolitano con DiffServ y MPLS, es muy importante tener en cuenta un adecuado esquema de colas. El seleccionar erróneamente uno de estos esquemas, podría ser la causa principal de bajo desempeño en nuestras aplicaciones sensibles a retardo. Existen muchas aproximaciones y propuestas para mejorar los esquemas actuales de colas.

Con respecto a los esquemas de QoS tenemos DiffServ (Differentiated Services) el cual es un protocolo de capa de red, que a diferencia de IntServ (Integrated Services), agrupa los requerimientos de QoS de una manera relativamente simple utilizando métodos para categorizar el tráfico en clases, que posteriormente reciben los parámetros de calidad de

servicio necesarios. Para lograr el aseguramiento de calidad de servicio requerido es necesario contar con protocolos de señalización (RSVP) y el análisis de colas (FIFO, WFQ, PQ, RED, WRED) para encontrar la mejor solución basándose en la demanda de sus aplicaciones.

Quizás uno de los esquemas que puede ofrecer velocidad, escalabilidad, QoS e Ingeniería de Tráfico (TE) en el ámbito metropolitano es MPLS (Multiprotocol Label Switching). Este desarrollo representa un nuevo escalón en la evolución de los estándares actuales, permitiendo la combinación de las tecnologías de capa dos y tecnologías de enrutamiento (capa tres). Con los anteriores antecedentes, el presente trabajo muestra una panorámica de cómo podrían aplicarse DiffServ y MPLS en redes metropolitanas Ethernet, así como los beneficios que se lograrían: bajo retardo, variación de retardo (jitter) y pérdidas de paquetes al contar con una sola tecnología extremo a extremo.

3.4 Implementación de la Red Metro de Telefonica - Fase Básica

3.4.1 Mapeo de líneas ADSL a Vlans

La red Metro Ethernet como la plataforma de transporte para los servicios IP, tales como el Internet, se realizan a través de los DSLAMs. Existen dos modelos, los DSLAMs: ATM y Ethernet, estos últimos agrupan múltiples usuarios, identificados cada uno por un PVC (Circuito Virtual Privado) VP/VC, los cuales son mapeados hacia las VLANs, los cuales son: S-VLAN / VLAN, la S-VLAN o Stacking VLAN, identifica al DSLAM o Frame, mientras que la VLAN identifica al abonado. La figura muestra el proceso de mapeo para los DSLAMs Ethernet.

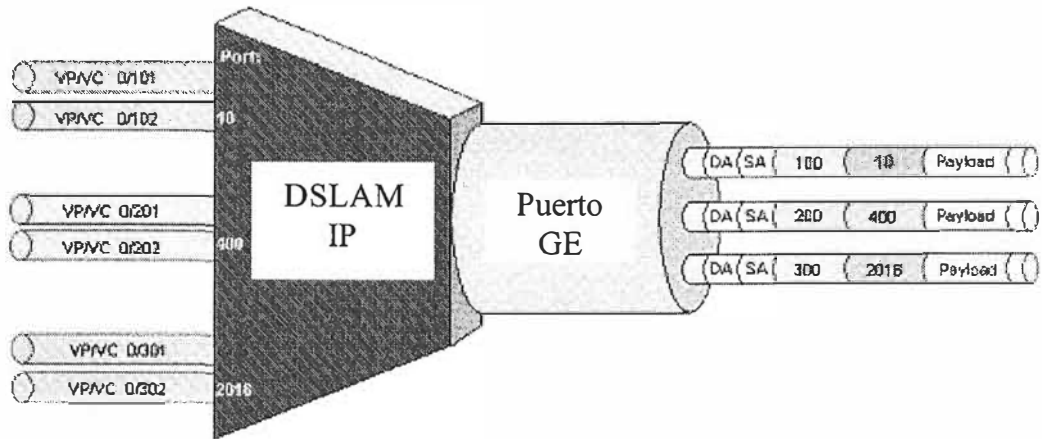


Fig. 3.14. Proceso de mapeo de VLANs en los DSLAMs Ethernet.

3.4.2 Flujo de datos a través de la Red Metro Ethernet

De acuerdo a este flujo, una vez que el PVC, del abonado ha sido convertido a S-VLAN/VLAN, ésta es enviada por la Interfaz GigaEthernet del DSLAM al equipo de Distribución. En el caso de la red Metro éste equipo es el Conmutador de Distribución.

El conmutador de Distribución agrupa el tráfico de los DSLAMs Ethernet y re-envía dicho tráfico hacia el Conmutador de Concentración, el cual finalmente entrega el paquete Ethernet a los agregadores del anillo, quienes efectúan el proceso de autenticación y autorización (AAA) luego del cual el usuario podrá acceder a Internet.

En esta etapa, los Conmutadores de Distribución y de Concentración trabajan en capa 2 realizando el envío de paquetes por VLAN. La Figura muestra el flujo de datos en capa 2 para las S-VLAN/VLAN, en los Conmutadores de Distribución.

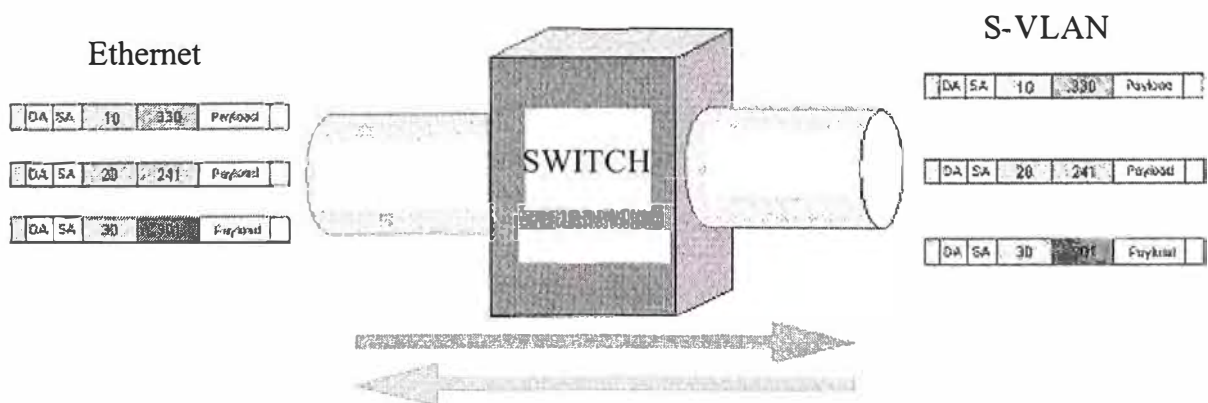


Fig. 3.15. Flujo de datos de S-VLAN/VLANs en un Conmutador de Distribución.

3.4.3 Anillos Metro Ethernet (Capa2)

Diagrama Topológico de la Región MSTP (Múltiple Spanning Tree). Ejm: Anillo de San Isidro.

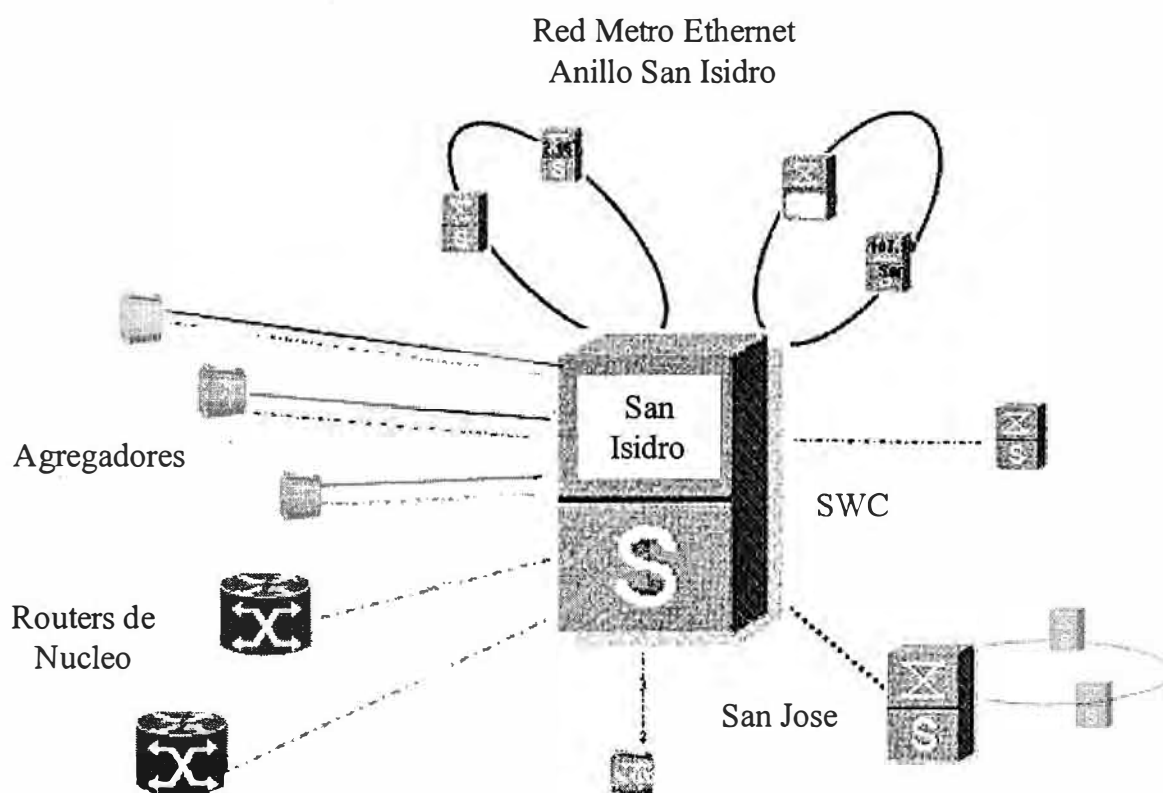


Fig.3.16 Esquema Topológico de la Región MSTP San_Isidro.

3.4.4 Red Metro Ethernet – Telefónica del Perú

A continuación se muestra la Red Metro Ethernet de Telefonica del Perú, en una fase inicial, para el servicio de acceso a Internet y preparado para los servicios convergentes de Video (IPTV), Voz (VoIP) y Datos (Internet).

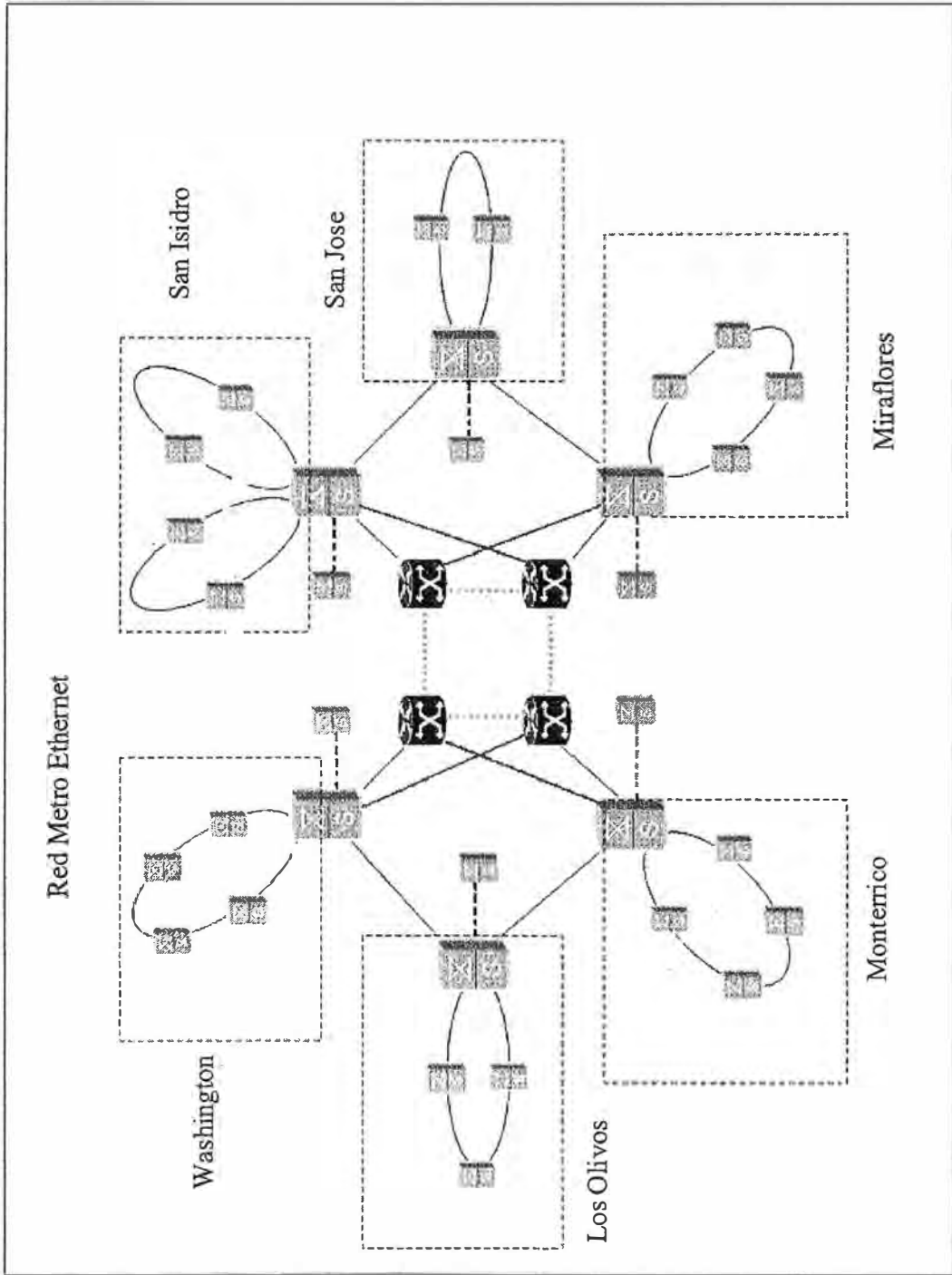


Fig 3.17 Red Metro Ethernet – Telefonica del Perú

CONCLUSIONES

1. Con el avance de la tecnología, tales como: los servicios de vídeo sobre IP (IPTV), voz sobre IP e Internet, aumentan los requerimiento de ancho de banda para los proveedores de servicios, lo cual hace necesario la migración de las redes tradicionales (ATM, Frame Relay y otros) hacia redes de nueva generación como las redes Metro Ethernet (MEN), donde se disponen de conexiones de fibra óptica de 10Gbps por puerto y a nivel eléctrico hasta 1Gbps.
2. Los servicios de video sobre IP (IPTV) y voz sobre IP (VoIP) requieren una disponibilidad y confiabilidad de la red del 99.999%, lo cual es costoso e inviable de conseguir con las redes tradicionales (Frame Relay, ATM u otro). Para estos casos las redes Metro Ethernet utilizan tecnologías, tales como: Enrutamiento (Routing) acelerado e inteligente (Fast Re-route), Ingeniería de tráfico con MPLS, redundancia de tarjeta procesadora, redundancia de fuentes de alimentación, y otras tecnologías que satisfacen dichos requerimientos de disponibilidad.
3. De las pruebas realizadas con tecnología Huawei, en la mayoría de casos y con tráfico de datos bastante alto, se obtuvieron tiempos de convergencia del orden de los milisegundos. Lo cual demuestra que las Redes Metro están disponibles para soportar los servicios convergentes de video, voz e Internet, con alta confiabilidad.
4. El costo de implementación de una red Metro Ethernet es bajo en comparación con las tecnologías tradicionales, además se cuenta con la ventaja del conocimiento (know-how) de la tecnología Ethernet. Lo cual ha permanecido vigente con el avance tecnológico.
5. Respecto a la calidad de servicio, el avance del Ethernet hasta llegar al ámbito metropolitano nos permite crear nuevos puntos de presencia en las redes actuales: para lo cual se requieren emplear protocolos como MPLS para garantizar la calidad de los servicios.

6. En un futuro no muy lejano, los esquemas de QoS serán más demandantes, debido a las nuevas aplicaciones que vienen surgiendo como IPTV, VoIP, Servicios Empresariales. La ingeniería de tráfico dejará de ser opcional debido al crecimiento desmedido del Internet, lo cual provocará que el MPLS sea redefinida y extendida para cubrir nuevos requerimientos de QoS en lugar de crear nuevos y complejos protocolos. Muestra de este avance es la inserción del MPLS en las redes ópticas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sam Halabi “Metro Ethernet”, Cisco Press – Indianapolis (USA) 2003
2. Catherine Paquet - Diane Teare “Building Scalable Cisco Networks”, Cisco Press – Indianapolis (USA) 2002
3. William Stallings, “Comunicaciones y Redes de Computadoras – 6ª Edición”, Prentice Hall – España, 2001.
4. Metro Ethernet Forum, “Accelerate Worldwide Adoption of Carrier Class Ethernet Networks and Services”, <http://www.metroethernetforum.org>.
5. Manuales Técnicos de Equipos Huawei S8505, S8512, “Quidway S8500 Series Routing Switches”, Huawei Technologies, 2005.
6. Manuales Técnicos de Equipos Huawei NE80E, “Quidway Netengine80E Core Router”, Huawei Technologies, 2007.
7. Andrew S. Tanenbaum, “Redes de Computadoras”, Tercera edición, Prentice-Hall - Mexico, 1997.
8. Cisco System, “Implementing Cisco MPLS”, Cisco System - USA, 2003.
9. ByJim Guichard, “MPLS and VPN Architectures, Volume II”, Cisco Press – Indianapolis USA, 2003.
10. Cisco System, “Advanced MPLS VPN Solutions”, Cisco System – USA, 2000

ANEXO A

FLUJO DE TRÁFICO DE LOS SERVICIOS DE ACCESO

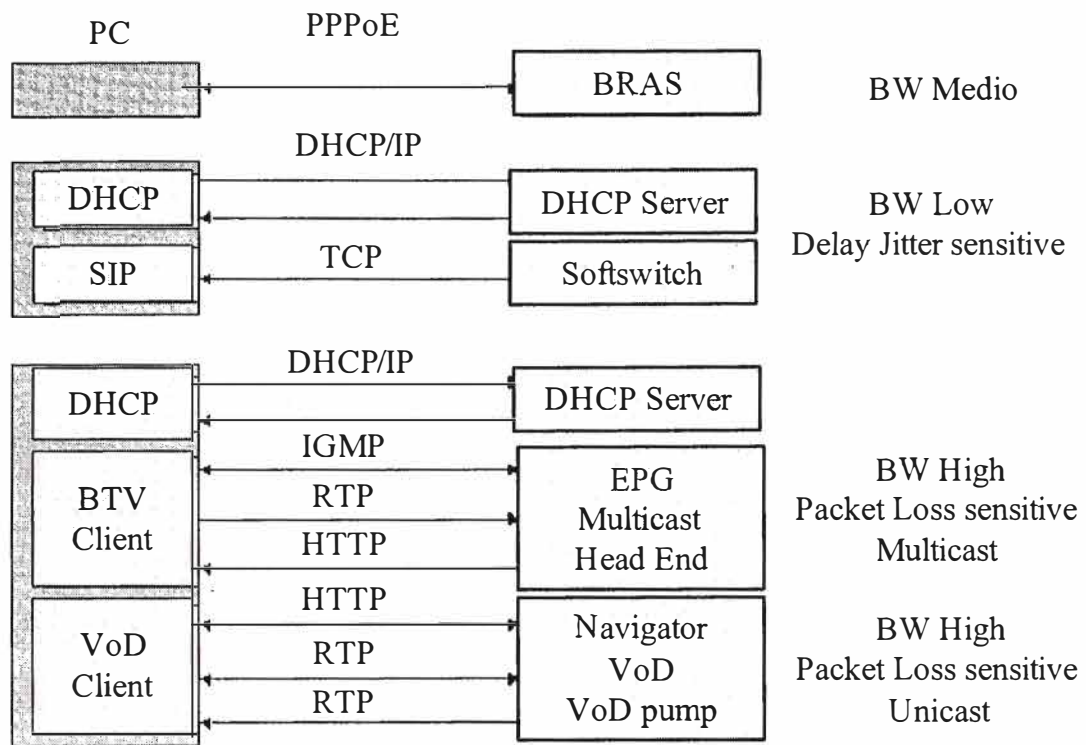


Fig A.1 Flujo de Tráfico de los Servicios de Video Voz y Datos

ANEXO B

ESCENARIO DE PRUEBAS METRO - ETHERNET

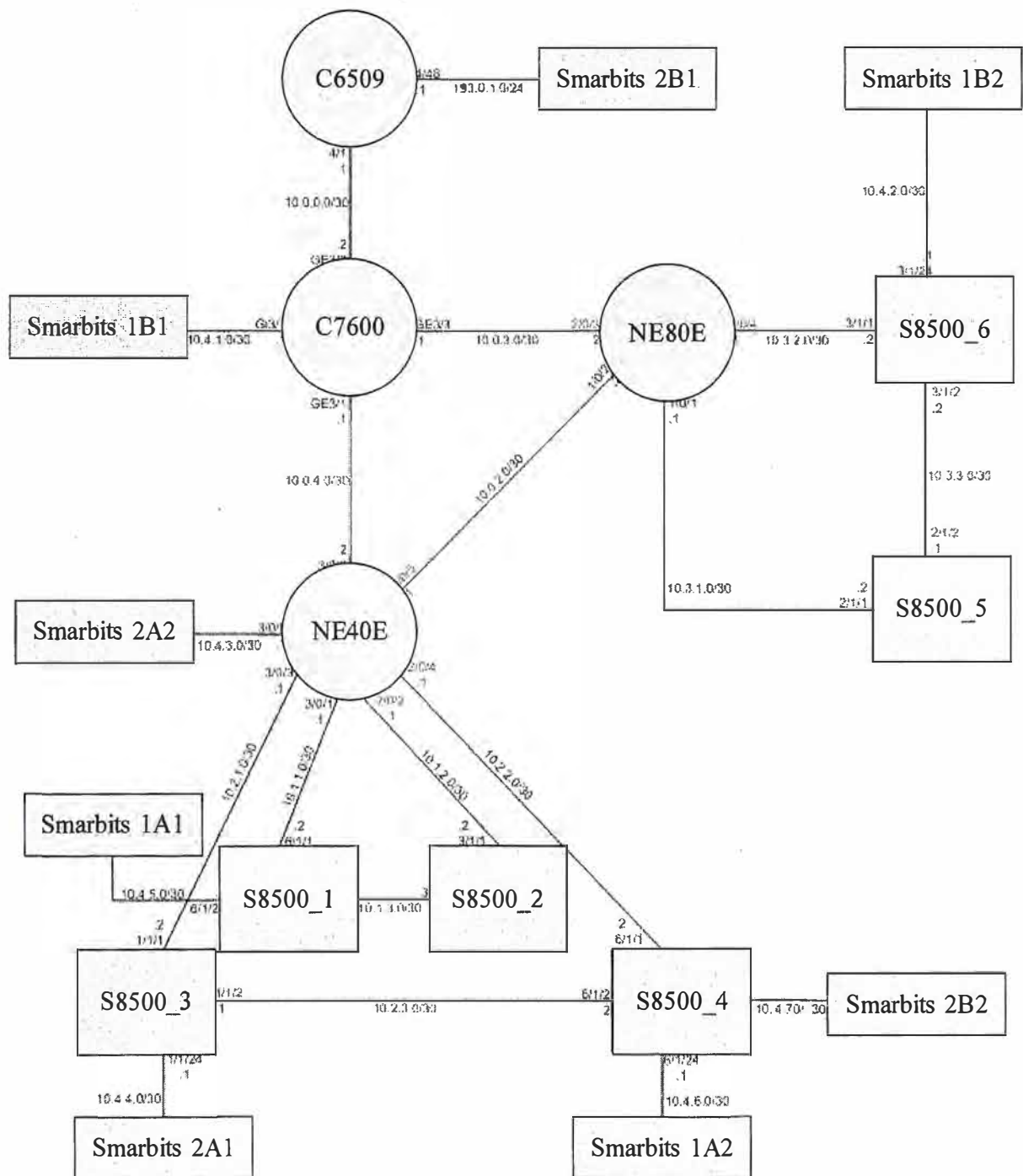


Fig B.1 Escenario de Pruebas de los Servicios Convergentes (Video, Voz y Datos)

ANEXO C

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPAMIENTOS

Tabla C.1 Especificaciones Técnicas del equipo Huawei NE80E

Product name	NE80E
System capacity	Interface capacity: 320Gbps Switching capacity: 640Gbps
Forwarding performance	400Mpps
Port density	16 × 10Gbps
System structure	Standard chassis with LCD status display Hot backup for dual MPUs: 3+1 backup for the SFU and 1+1 hot backup for the power supply and the fans
System reliability	100.00%